

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL



**CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA DE SOLOS NA
REGIÃO DO TAQUARI/DF**

JOÃO PEDRO BREDER BRANQUINHO NOGUEIRA

ORIENTADOR: ELEUDO ESTEVES DE ARAÚJO SILVA JÚNIOR

CO-ORIENTADOR: BRUNO RODRIGUES DE OLIVEIRA

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL EM ENGENHARIA CIVIL

BRASÍLIA/DF – JULHO/2018

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

**CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA DE SOLOS NA REGIÃO DO
TAQUARI/DF**

JOÃO PEDRO BREDER BRANQUINHO NOGUEIRA

ORIENTADOR: ELEUDO ESTEVES DE ARAÚJO SILVA JÚNIOR
CO-ORIENTADOR: BRUNO RODRIGUES DE OLIVEIRA

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL EM ENGENHARIA CIVIL

BRASÍLIA / DF: JULHO-2018
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

**CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA DE SOLOS NA REGIÃO DO
TAQUARI/DF**

JOÃO PEDRO BREDER BRANQUINHO NOGUEIRA

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.

APROVADA POR:

Prof. Eleudo Esteves de Araújo Silva Júnior, *Me.* (UnB)
(Orientador)

Bruno Rodrigues de Oliveira, *Me.* (UnB)
(Co-orientador)

Prof. Manuelle Santos Góis, *Dr^a*. (UnB)
(Examinadora interna)

Prof. Fabiani Maria Dalla Rosa Barbosa, *Me.* (UFMT)
(Examinador externo)

BRASÍLIA/DF, 06 DE JULHO DE 2018

FICHA CATALOGRÁFICA

NOGUEIRA, JOÃO PEDRO BREDER BRANQUINHO

Caracterização geotécnica de solos na região do Taquari/DF [Distrito Federal]
2018.

118p, 297 mm (ENC/FT/UnB, Bacharel, Engenharia Civil, 2018)
Monografia de Projeto Final - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. Caracterização de solos

3. Taquari/DF

I. ENC/FT/UnB

II. Título (Bacharel)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

NOGUEIRA, J. P. B. B. de (2018). Caracterização de solos na região do Taquari/DF. Monografia de Projeto Final em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 118p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: João Pedro Breder Branquinho Nogueira

TÍTULO: Caracterização de solos na região do Taquari/DF

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil ANO: 2018

É concedida à Universidade de Brasília a permissão para reproduzir cópias desta monografia de Projeto Final e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de Projeto Final pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

João Pedro Breder Branquinho Nogueira
SHA Conjunto 5 Chácara 4 Casa 13
CEP: 71.995-030 Águas Claras – DF – Brasil
e-mail: jpnogueira100@gmail.com

RESUMO

O Setor Habitacional do Taquari (SHTq) é uma região que está inserida na zona administrativa do Lago Norte – XVIII. O referido setor foi planejado e projetado para urbanização em duas etapas. Atualmente, a etapa I encontra-se com dois estágios concluídos e o terceiro, e último, em processo de execução, enquanto que a etapa II ainda está em fase de planejamento. Considerando que a região está localizada próxima do centro comercial do Plano Piloto e à beira do Lago Paranoá, ocupações desordenadas ocorreram na região, tanto por populações de renda média e alta quanto por famílias mais carentes, o que acabou por provocar uma demora ainda maior no processo de regularização do local. Neste processo é importante realizar um estudo do solo que seja considerado representativo para a finalidade de planejamento urbano. Desse modo, tomando como ponto de partida um mapeamento pedológico já existente para o Distrito Federal, foram escolhidos pontos considerados representativos, onde foram realizados ensaios de permeabilidade com o permeâmetro Guelph e amostras foram coletadas para serem analisadas em laboratório quanto à sua granulometria, densidade real dos grãos de solo, limites de liquidez e plasticidade. Por fim, aplicando os resultados experimentais encontrados, foi elaborada uma carta de mapeamento geotécnico preliminar, a fim de colaborar com o processo de desenvolvimento urbano da região e fornecer dados para futuras pesquisas que sejam realizadas no setor.

ABSTRACT

The Housing Sector of Taquari (SHTq) is a region that is inserted in the administrative zone of Lago Norte – XVIII. The referred sector has been planned and projected to be urbanized in two stages. Currently, the stage I has two steps concluded and the third and last is still being planned. Considering that the region is located next to the commercial center of the Plano Piloto and at the edge of the Lake Paranoá, unorganized occupations are taking place at the region, by people with high and medium income and also by more unprovided families, which led to a increased delay in the process of constructing the place. In this process, it is important to develop a study of the soil that is considered representative to the purpose of urban planning. In that way, starting with the pedological mapping that already existed for the Distrito Federal, some representative points were chosen, where permeability experiments with the Guelph Permeameter were held and samples were taken to be analyzed in the laboratory about it's granulometry, real density of the soil grains, limits of liquidity and plasticity. At last, applying the experimental results found, a preliminary geotechnical map was created with the intention to collaborate with the process urban development of the region and provide data for future researches that may be held in the sector

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1. JUSTIFICATIVA.....	13
1.2. OBJETIVOS.....	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
2.1. PARÂMETROS GEOTÉCNICOS	14
2.1.1. PERMEABILIDADE.....	14
2.1.2. GRANULOMETRIA	15
2.1.3. LIMITE DE LIQUIDEZ E PLASTICIDADE	16
2.2. SISTEMA UNIFICADO DE CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS	16
2.3. SISTEMA BRASILEIRO DE CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS (SiBCS)	21
2.4. GEOPROCESSAMENTO E SIG	22
2.4.1. TIPOS DE DADOS.....	24
2.4.2. CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA	27
3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	30
3.1. ASPECTOS GERAIS	30
3.2. GEOLOGIA DO DF	31
3.2.1. GEOLOGIA DO SHT _q	35
3.3. PEDOLOGIA	37
3.3.1. CLASSES PEDOLÓGICAS DE SOLO NO SHT _q	37
3.4. SETOR HABITACIONAL TAQUARI	44
4. METODOLOGIA	47
4.1. ESCOLHA DA ÁREA DE ESTUDO.....	47
4.2. COLETA DE AMOSTRAS	49
4.3. RESUMO DE ATIVIDADES.....	50
4.4. ENSAIOS GEOTÉCNICOS	52
4.4.1. ATIVIDADES EM CAMPO	52
4.4.2. ATIVIDADES EM LABORATÓRIO	57
4.5. ELABORAÇÃO DAS CARTAS GEOTÉCNICAS	62
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	66
5.1. ENSAIOS GEOTÉCNICOS	66
5.1.1. PERMEABILIDADE GUELPH	66
5.1.2. GRANULOMETRIA	67
5.1.3. DENSIDADE REAL.....	72
5.1.4. ÍNDICE DE PLASTICIDADE	73

5.1.5. CLASSIFICAÇÃO GEOTÉCNICA (SUCS)	76
5.2. CARTAS GEOTÉCNICAS	77
5.2.1. MAPAS TEMÁTICOS	77
5.2.2. CARTA SÍNTESE E QUADRO LEGENDA	81
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	84
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	86
APÊNDICES.....	92
APÊNDICE A1. ENSAIOS DE PERMEABILIDADE GUELPH	93
APÊNDICE A2. ENSAIOS DE GRANULOMETRIA	97
APÊNDICE A3. RELATÓRIOS DE CÁLCULO DO PENTAPYC	108

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1. Fluxo de água em uma amostra de solo e exemplo de perda de carga	14
Figura 2.2. Exemplo de curva granulométrica com classificação dos diâmetros dos grãos (SUCS)	15
Figura 2.3. Classificação de granulometria dos solos.	16
Figura 2.4. Limites de Atterberg	16
Figura 2.5. Gráfico de plasticidade de Casagrande.	17
Figura 2.6. SUCS – Nomes do grupo de fluxograma para solo com pedregulhos e areia.	19
Figura 2.7. SUCS - Nomes de grupos de fluxogramas para solos com silte ou argilosos inorgânicos	20
Figura 2.8. Níveis do Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos.	22
Figura 2.9. Relação entre o Geoprocessamento e as Geotecnologias.	23
Figura 2.10. Arquitetura de Sistemas de Informação Geográfica (SIG).	23
Figura 2.11. Exemplo de Mapa Temático: Geologia simplificada do Distrito Federal.	24
Figura 2.12. Exemplo de mapa com dados cadastrais.	25
Figura 2.13. Exemplo de mapa com dados de redes de distribuição de água.	26
Figura 2.14. Topografia de um terreno em ambiente SIG a partir de um MNT	26
Figura 2.15. Exemplo relação entre os materiais inconsolidados e as feições do terreno.	29
Figura 3.1. Localização do DF.	30
Figura 3.2. Recomposição litoestratigráfica do Grupo Bambuí.	31
Figura 3.3. Recomposição litoestratigráfica do Grupo Araxá.	31
Figura 3.4. Mapa geológico simplificado do DF.	32
Figura 3.5. Recomposição litoestratigráfica do Grupo Canastra.	33
Figura 3.6. Coluna estratigráfica do Grupo Paranoá na área-tipo de Alto Paraíso de Goiás/DF	34
Figura 3.7. Formações geológicas do SHTq	35
Figura 3.8. Mapa geológico do Setor Habitacional Taquari	36
Figura 3.9. Mapa Pedológico simplificado do DF.	38
Figura 3.10. Distribuição espacial dos tipos pedológicos de solo no SHTq	39
Figura 3.11. Gleissolo na região do Taquari/DF.	41
Figura 3.12. Perfil representativo de Latossolo Vermelho.	42
Figura 3.13. Latossolo Vermelho-Amarelo típico.	43
Figura 3.14. Etapas de Urbanização do Setor Habitacional Taquari	44
Figura 3.15. Estratégia de Regularização Fundiária PDOT.	45

Figura 4.1. Área de detalhe na região do Taquari e os pontos de coleta de amostra.	48
Figura 4.2. Fluxograma de atividades realizadas	51
Figura 4.3. Bulbo de saturação ao redor do tubo do permeâmetro.	52
Figura 4.4. Apoio do permeâmetro no solo com e sem a utilização de tripé.	53
Figura 4.5. Vedação das entradas de ar para permitir uma carga hidráulica constante.	53
Figura 4.6. Posição do comando na definição do reservatório	54
Figura 4.7. Almofariz e Mão de Gral utilizados para o destorroamento.....	57
Figura 4.8. Exemplo de curva granulométrica.	58
Figura 4.9. Pentapyc 5200e da Quantachrome Instruments.....	60
Figura 4.10. Gráfico de densidade da água em função da temperatura	61
Figura 4.11. Concha de Casagrande.....	61
Figura 5.1. Curva Granulométrica com defloculante dos Hi	68
Figura 5.2. Curva granulométrica com defloculante dos CX.....	68
Figura 5.3. Curva granulométrica com defloculante dos LV	69
Figura 5.4. Curva granulométrica com defloculante dos LVA.....	70
Figura 5.5. Curva granulométrica das amostras P02-LV e P04-LVA com e sem defloculante	71
Figura 5.6. Gráficos de limite de liquidez com as respectivas equações de regressão	74
Figura 5.7. Resultados de plasticidade plotados no gráfico de Casagrande.....	76
Figura 5.8. Mapa Temático de Declividade na área de estudo	78
Figura 5.9. Mapa Temático de pedologia na área de estudo	79
Figura 5.10. Mapa Temático de Geologia da área de estudo	80
Figura 5.11. Carta de zoneamento geotécnico geral preliminar.....	81

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1. Valores típicos de condutividade hidráulica saturada em cada textura de solo ...	15
Tabela 2.2. Peneiras e seus respectivos tamanhos conforme padrão americano.....	17
Tabela 2.3. Classificações granulométricas (SUCS).....	17
Tabela 2.4. Sistema unificado de classificação de solos (com base no material passante na peneira de 76,2 mm).....	18
Tabela 2.5. Especificações das tubulações de rede de distribuição de água	25
Tabela 2.6. Tipos de cartas geotécnicas e seus conceitos.	28
Tabela 3.1. Área de cada classe pedológica de solo no DF.....	37
Tabela 4.1. Localização dos pontos de coleta de amostras	49
Tabela 4.2. Cálculo do fator de forma e do coeficiente α^*	55
Tabela 4.3. Classificação hierárquica dos documentos cartográficos e seus correspondentes produtos.....	63
Tabela 4.4. Grau de erodibilidade em função das classes pedológicas de solo.	64
Tabela 4.5. Critério adotado na definição de classes de suscetibilidade a erosão laminar (SEL).	64
Tabela 4.6. Relação entre parâmetros e as principais cartas geotécnicas derivadas	65
Tabela 5.1. Taxas de queda obtidas para os Latossolos Vermelhos.....	66
Tabela 5.2. Taxas de queda obtidas para os Latossolos Vermelho-Amarelos	66
Tabela 5.3. Taxas de queda obtidas para os Gleissolos.....	66
Tabela 5.4. Taxas de queda obtidas para os Cambissolos.....	66
Tabela 5.5. Coeficientes de condutividade hidráulica e potencial de fluxo matricial.....	67
Tabela 5.6. Porcentagem de cada textura de solo nas amostras de Gleissolo	68
Tabela 5.7. Porcentagem de cada textura de solo nas amostras de Cambissolo	69
Tabela 5.8. Porcentagem de cada textura de solo nas amostras de Latossolo Vermelho e Vermelho-Amarelo.....	70
Tabela 5.9. Porcentagem de cada textura de solo na amostra P02-LV com e sem defloculante	71
Tabela 5.10. Resumo da granulometria dos solos amostrados.....	71
Tabela 5.11. Valores de D_{20} calculados pelo Pentapyc 5200e	72
Tabela 5.12. Limites de liquidez, limites de plasticidade e índices de plasticidade dos solos amostrados.....	73
Tabela 5.13. Classificações dos solos amostrados (SUCS).....	76
Tabela 5.14. Descrição das unidades geotécnicas	77

Tabela 5.15. Tabela resumo dos parâmetros geotécnicos das amostras analisadas	82
Tabela 5.16. Aplicabilidades das zonas geotécnicas ao planejamento urbano	83
Tabela A1.1. Ensaio de Permeabilidade Guelph para os Latossolos Vermelhos	93
Tabela A1.2. Ensaio de Permeabilidade Guelph para os Latossolos Vermelho-Amarelos ...	94
Tabela A1.3. Ensaio de Permeabilidade Guelph para os Gleissolos	95
Tabela A1.4. Ensaio de Permeabilidade Guelph para os Cambissolos	96
Tabela A2.1. Ensaio de granulometria com sedimentação da amostra P01-LV	97
Tabela A2.2. Ensaio de granulometria com sedimentação da amostra P02-LV	98
Tabela A2.3. Ensaio de granulometria com sedimentação da amostra P03-LV	99
Tabela A2.4. Ensaio de granulometria com sedimentação da amostra P04-LVA	100
Tabela A2.5. Ensaio de granulometria com sedimentação da amostra P05-LVA	101
Tabela A2.6. Ensaio de granulometria com sedimentação da amostra P06-LVA	102
Tabela A2.7. Ensaio de granulometria com sedimentação da amostra P07-Hi	103
Tabela A2.8. Ensaio de granulometria com sedimentação da amostra P08-Hi	104
Tabela A2.9. Ensaio de granulometria com sedimentação da amostra P09-CX.....	105
Tabela A2.10. Ensaio de granulometria com sedimentação da amostra P10-CX.....	106
Tabela A2.11. Ensaio de granulometria com sedimentação da amostra P11-CX.....	107
Tabela A3.1. Relatórios de Cálculo do Pentapyc para a amostra P01-LV.....	108
Tabela A3.2. Relatórios de Cálculo do Pentapyc para a amostra P02-LV.....	109
Tabela A3.3. Relatórios de Cálculo do Pentapyc para a amostra P03-LV.....	110
Tabela A3.4. Relatórios de Cálculo do Pentapyc para a amostra P04-LVA.....	111
Tabela A3.5. Relatórios de Cálculo do Pentapyc para a amostra P05-LVA.....	112
Tabela A3.6. Relatórios de Cálculo do Pentapyc para a amostra P06-LVA.....	113
Tabela A3.7. Relatórios de Cálculo do Pentapyc para a amostra P07-Hi.....	114
Tabela A3.8. Relatórios de Cálculo do Pentapyc para a amostra P08-Hi.....	115
Tabela A3.9. Relatórios de Cálculo do Pentapyc para a amostra P09-CX	116
Tabela A3.10. Relatórios de Cálculo do Pentapyc para a amostra P10-CX	117
Tabela A3.11. Relatórios de Cálculo do Pentapyc para a amostra P11-CX	118

1. INTRODUÇÃO

1.1. JUSTIFICATIVA

O Setor Habitacional do Taquari (SHTq) está inserido na região administrativa (RA) do Lago Norte – XVIII, o referido setor foi planejado e projetado para urbanização em duas etapas. A etapa I encontra-se com dois estágios concluídos e o terceiro, e último, em processo de execução. A Etapa II, entretanto, ainda está em processo de planejamento e devido à morosidade do processo regulatório e questões ambientais (GDF, 2013). Devido ao fato de ser uma região bem localizada em Brasília, estando próxima do centro urbano do Plano Piloto e à beira do Lago Paranoá, o local encontra-se com problemas de ocupação desorganizada, sem um sistema de abastecimento de água ou de coleta de esgoto adequado. Na área de estudo também há conflitos em relação às ARINES (áreas de regularização de interesse específico), definidas pelo PDOT (Plano Diretor de Ordenamento Territorial) como áreas ocupadas por uma população de média e alta renda, porém, com terrenos ainda não regularizados.

Nesse âmbito, o presente trabalho visa caracterizar geotecnicamente os solos da região do SHTq e estudá-los por meio de ensaios de campo e de laboratório para obter parâmetros como condutividade hidráulica saturada e os necessários à caracterização desses solos utilizando o SUCS (Sistema unificado de classificação dos solos), gerando dados para os estudos de planejamento urbano da região e colaborando com futuras pesquisas relacionadas ao tema.

1.2. OBJETIVOS

O objetivo principal da presente pesquisa é obter parâmetros geotécnicos dos solos, utilizando como base os limites pedológicos já criados, gerando uma carta de zoneamento geotécnico preliminar que auxilie nas tomadas de decisão do processo de planejamento urbano. Além disso, como objetivos secundários, gerar dados que sirvam de subsídios para pesquisas futuras na região.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. PARÂMETROS GEOTÉCNICOS

Os parâmetros geotécnicos utilizados para o presente trabalho foram permeabilidade, granulometria e os limites de Atterberg, cujas definições estão descritas nos itens de 2.1.1 a 2.1.3 baseados nos conceitos de Das & Sobhan (2014).

2.1.1. PERMEABILIDADE

A permeabilidade do solo é um parâmetro decorrente dos vazios presentes nas massas de solo, por onde a água consegue fluir, deslocando-se de pontos de alta energia para baixa energia. De acordo com Das & Sobhan (2014), a permeabilidade é necessária em diversas análises, desde análise de fluxos subterrâneos para investigar problemas envolvidos no bombeamento de água até grandes estruturas de barragens submetidas a forças de percolação.

O parâmetro físico mais importante e que caracteriza a permeabilidade de um solo é chamado de *coeficiente de permeabilidade* ou *condutividade hidráulica saturada* (K_{fs}). Este valor foi primeiramente citado por Darcy em 1856, por meio da equação (2.1), que descreve a velocidade da água em solos saturados e que posteriormente recebeu seu nome.

$$v = K_{fs} i \quad (2.1)$$

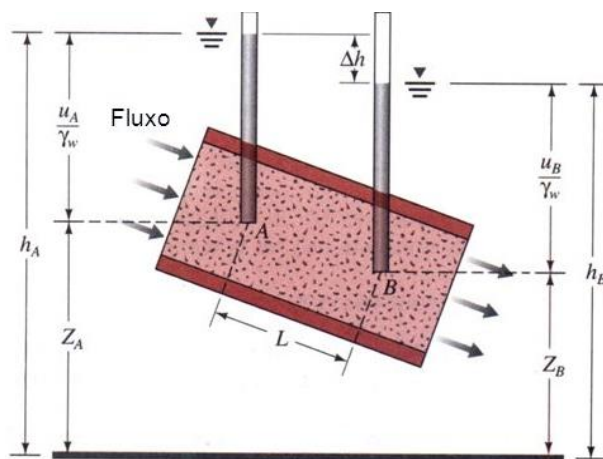


Figura 2.1. Fluxo de água em uma amostra de solo e exemplo de perda de carga

Fonte: Das & Sobhan (2014)

Onde v é a velocidade de descarga, K_{fs} é a condutividade hidráulica e i é o gradiente hidráulico, que é obtido pela perda de carga da água entre dois pontos ($i = \frac{\Delta h}{L}$) conforme ilustra a Figura 2.1. Utilizando-se da equação de Darcy alguns autores como Amer e Awad (1974) e Chapuis (2004) propuseram algumas correlações empíricas para obter outros parâmetros do solo, como por exemplo o índice de vazios (e).

Ainda é possível estabelecer algumas correlações entre as texturas de solo e suas condutividades hidráulicas, já que solos finos apresentam maiores dificuldades à percolação e

solos granulares possuem mais espaços vazios, facilitando a passagem da água. Desse modo, o Tabela 2.1 mostra alguns valores típicos de condutividades hidráulicas de cada textura de solo, permitindo estimar a textura de uma amostra de solo por meio de ensaios de permeabilidade, que podem ser realizados tanto em campo quanto em laboratório. A descrição do processo de ensaio a ser utilizado será explicada no item 4.4.1.1.

Tabela 2.1. Valores típicos de condutividade hidráulica saturada em cada textura de solo

Tipo de Solo	k (cm/s)
Pedregulho limpo	100 – 1
Areia grossa	1 – 10 ⁻²
Areia fina	10 ⁻² – 10 ⁻³
Argila com silte	10 ⁻³ – 10 ⁻⁵
Argila	< 10 ⁻⁶

Fonte: Das & Sobhan (2014)

2.1.2. GRANULOMETRIA

A granulometria de um solo consiste basicamente em confeccionar uma curva granulométrica que relaciona a porcentagem acumulada de partículas que possuem uma determinada dimensão (Figura 2.2

Figura 2.2).

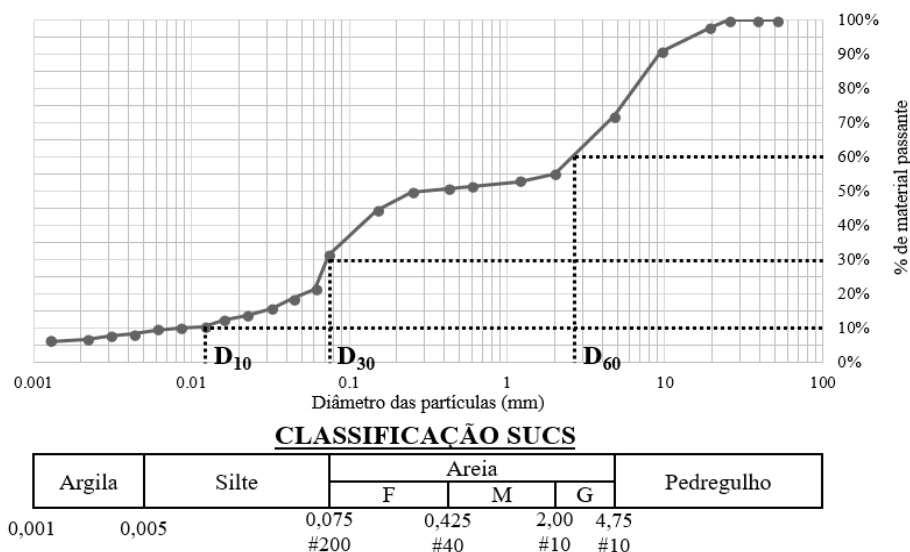


Figura 2.2. Exemplo de curva granulométrica com classificação dos diâmetros dos grãos (SUCS)

A curva granulométrica é obtida por meio de dois ensaios: o de peneiramento e o de sedimentação e alguns parâmetros podem ser obtidos do gráfico e são utilizados para algumas classificações geotécnicas. São eles:

- Diâmetro efetivo (D₁₀): Indica o diâmetro por onde apenas 10% das partículas passam no peneiramento. De acordo com Das & Sobhan (2014), é uma boa medida para estimar a condutividade hidráulica e a capacidade de drenagem no solo.
- Coeficiente de uniformidade (C_u): $C_u = D_{60} / D_{10}$

- Coeficiente de curvatura (C_c): $C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}}$

Esses parâmetros auxiliam na caracterização da graduação de solos, que podem ser classificados como bem graduados (Figura 2.3a), mal graduados ou uniformes (Figura 2.3b) e descontínuos ou de granulometria aberta (Figura 2.3c), sendo que cada tipo possui suas aplicações e podem ser utilizados em diversas áreas de engenharia.

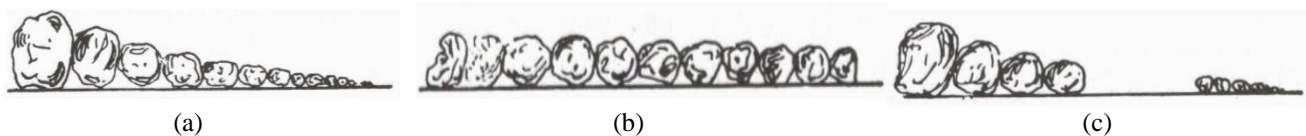
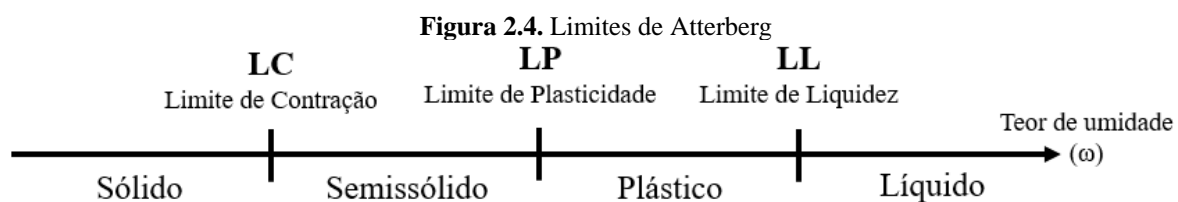


Figura 2.3. Classificação de granulometria dos solos.
Fonte Desconhecida

2.1.3. LIMITE DE LIQUIDEZ E PLASTICIDADE

De acordo com o modelo criado por Atterberg no início do século XX, o solo pode apresentar diferentes comportamentos quando submetido a diferentes volumes de água. Quando o solo está seco, ele se comporta basicamente como um sólido e já quando o teor de umidade no solo é alto, ele se comporta como um líquido. De acordo com Das & Sobhan (2014), alguns solos granulares finos podem ser moldados sem desagregar quando na presença de certa umidade. Essa coesão aparente é adquirida quando os grãos de argila presentes no solo são rodeados pela água. A partir dessa observação, Atterberg descreveu os seguintes estados de comportamento do solo: sólido, semissólido, plástico e líquido (Figura 2.4).



2.2. SISTEMA UNIFICADO DE CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS

Devido à grande quantidade de características distintas presentes nos solos e aos mais diversos tipos de solo e de partículas existentes no mundo, diversos sistemas de classificação foram criados com a finalidade de agrupar solos com características semelhantes. De acordo com Das & Sobhan (2014), a maioria dos sistemas de classificação que são utilizados e foram desenvolvidos com finalidades de engenharia possuem como base as propriedades simples de índice, como distribuição granulométrica e plasticidade (utilizando o gráfico de Casagrande para caracterizar o solo, Figura 2.5). Desse modo, a utilização de uma classificação consagrada proporciona aplicabilidade prática em diversas áreas da engenharia de solos a partir da determinação do tipo de solo e para tanto, o presente trabalho utilizará o Sistema Unificado de

Classificação de Solos (SUCS) para a classificação dos solos. Inicialmente proposto por Casagrande, em 1942, passou por uma revisão em 1952 e posteriormente deu origem ao sistema que é amplamente conhecido hoje.

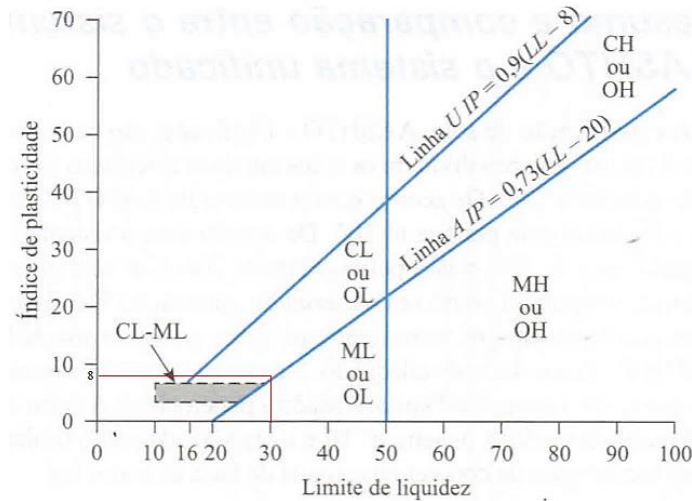


Figura 2.5. Gráfico de plasticidade de Casagrande.
Fonte: Das & Sobhan (2014)

As texturas de solo dividem-se entre duas grandes categorias: grossas e finas, baseado na porcentagem de solo da amostra que passa na peneira #200 (Tabela 2.2) e a classificação completa acompanhada do significado de cada símbolo encontra-se na Tabela 2.4, na Figura 2.6 e na Figura 2.7.

Tabela 2.2. Peneiras e seus respectivos tamanhos conforme padrão americano

Nº	Abertura (mm)	Nº	Abertura (mm)	Nº	Abertura (mm)	Nº	Abertura (mm)
4	4,75	14	1,40	35	0,500	100	0,150
5	4,00	16	1,18	40	0,425	120	0,125
6	3,35	18	1,00	50	0,355	140	0,106
7	2,80	20	0,850	60	0,250	170	0,090
8	2,36	25	0,710	70	0,212	200	0,075
10	2,00	30	0,600	80	0,180	270	0,053
12	1,70						

Fonte: Das & Sobhan (2014)

Para a classificação adequada de acordo com o SUCS, ainda é necessário saber a porcentagem de pedregulhos, areia, silte e argila (Tabela 2.3), coeficiente de uniformidade (C_u), coeficiente de curvatura (C_c) e os limites de liquidez e plasticidade da fração de solo passante na peneira nº 40.

Tabela 2.3. Classificações granulométricas (SUCS)

Pedregulho	76,2 mm – 4,76 mm	Areia Fina	0,42 mm – 0,074 mm
Areia Grossa	4,76 mm – 2,00 mm	Silte	0,074 mm – 0,005 mm
Areia Média	2,00 mm – 0,42 mm	Argila	< 0,005 mm

Fonte: Das & Sobhan (2014)

Tabela 2.4. Sistema unificado de classificação de solos (com base no material passante na peneira de 76,2 mm)

Critérios para atribuir símbolos aos grupos				Símbolo de grupo		
Solos grossos Mais de 50% de material retido na peneira nº 200	Pedregulhos Mais de 50% da fração grossa retida na peneira nº 4	Pedregulhos puros	$C_u \geq 4$ e $1 \leq C_c \leq 3^c$	GW		
		Menos de 5% de finos	$C_u < 4$ e/ou $C_c < 1$ ou $C_c > 3$	GP		
		Pedregulhos com finos	$IP < 4$ ou representado abaixo da linha “A” (Figura 2.5)	GM		
		Mais de 12% de finos	$IP > 7$ e representado acima ou na linha “A” (Figura 2.5)	GC		
	Areias 50% ou mais da fração grossa passa pela peneira nº 4	Areias puras	$C_u \geq 6$ e $1 \leq C_c \leq 3$	SW		
		Menos de 5% de finos ^b	$C_u < 6$ e/ou $C_c < 1$ ou $C_c > 3$	SP		
		Areia com finos	$IP < 4$ ou representado abaixo da linha “A” (Figura 2.5)	SM		
		Mais de 12% de finos ^{b,d}	$IP > 7$ e representado acima ou na linha “A” (Figura 2.5)	SC		
Solos finos 50% ou mais do material passa pela peneira nº 200	Siltes e Argilas Limite de liquidez menor que 50	Inorgânicos	$IP > 7$ e representado acima ou na linha “A” $IP < 4$ ou representado abaixo da linha “A”	CL ML		
		Orgânicos	$\frac{\text{Limite de liquidez - seco em estufa}}{\text{Limite de liquidez - sem secagem}} < 0,75$; zona OL (Figura 2.5)	OL		
	Siltes e Argilas Limite de liquidez de 50 ou mais	Inorgânicos	IP representado acima ou na linha “A” IP representado abaixo da linha “A”	CH MH		
			Orgânicos	$\frac{\text{Limite de liquidez - seco em estufa}}{\text{Limite de liquidez - sem secagem}} < 0,75$; zona OH (Figura 2.5)	OH	
		Solos altamente orgânicos		Matéria essencialmente orgânica, de cor escura e odor orgânico		Pt
		^a Pedregulhos com 5 a 12% de finos exigem classificação com dois símbolos: GW-GM, GW-GC, GP-GM, GP-GC. ^b Areias com 5 a 12% de finos exigem classificação com dois símbolos: SW-SM, SW-SC, SP-SM, SP-SC ^c $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ e $C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \times D_{10}}$ ^d Se $4 \leq IP \leq 7$ e é representado na área hachurada da Figura 2.5, utilizar classificação com dois símbolos GC-GM ou SC-SM ^e Se $4 \leq IP \leq 7$ e é representado na área hachurada da Figura 2.5, utilizar classificação com dois símbolos CL-CM				G – Pedregulho S – Areia M – Silte C – Argila O – Orgânico W – Bem graduado P – Mal graduado H – Alta plasticidade L – Baixa plasticidade
Fonte: Das & Sobhan (2014)						

Fonte: Das & Sobhan (2014)

Símbolo de grupo		Nome de grupo
GW	<15% de areia	→ Pedregulho bem graduado
	≥15% de areia	→ Pedregulho bem graduado com areia
GP	<15% de areia	→ Pedregulho mal graduado
	≥15% de areia	→ Pedregulho mal graduado com areia
GW-GM	<15% de areia	→ Areia bem graduada com silte
	≥15% de areia	→ Pedregulho bem graduado com silte e areia
GW-GC	<15% de areia	→ Pedregulho bem graduado com argila (ou argila siltosa)
	≥15% de areia	→ Pedregulho bem graduado com argila e areia (ou areia e argila siltosa)
GP-GM	<15% de areia	→ Pedregulho mal graduado com silte
	≥15% de areia	→ Pedregulho mal graduado com silte e areia
GP-GC	<15% de areia	→ Pedregulho mal graduado com argila (ou argila siltosa)
	≥15% de areia	→ Pedregulho mal graduado com argila e areia (ou argila siltosa e areia)
GM	<15% de areia	→ Pedregulho siltoso
	≥15% de areia	→ Pedregulho siltoso com areia
GC	<15% de areia	→ Pedregulho argiloso
	≥15% de areia	→ Pedregulho argiloso com areia
GC-GM	<15% de areia	→ Pedregulho argilo-siltoso
	≥15% de areia	→ Pedregulho argilo-siltoso com areia
SW	<15% de pedregulho	→ Areia bem graduada
	≥15% de pedregulho	→ Areia bem graduada com pedregulho
SP	<15% de pedregulho	→ Areia mal graduada
	≥15% de pedregulho	→ Areia mal graduada com pedregulho
SW-SM	<15% de pedregulho	→ Areia bem graduada com silte
	≥15% de pedregulho	→ Areia bem graduada com silte e pedregulho
SW-SC	<15% de pedregulho	→ Areia bem graduada com argila (ou argila siltosa)
	≥15% de pedregulho	→ Areia bem graduada com argila e pedregulho (ou argila siltosa e pedregulho)
SP-SM	<15% de pedregulho	→ Areia mal graduada com silte
	≥15% de pedregulho	→ Areia mal graduada com silte e pedregulho
SP-SC	<15% de pedregulho	→ Areia mal graduada com argila (ou argila siltosa)
	≥15% de pedregulho	→ Areia mal graduada com argila e pedregulho (ou argila siltosa e pedregulho)
SM	<15% de pedregulho	→ Areia siltosa
	≥15% de pedregulho	→ Areia siltosa com pedregulho
SC	<15% de pedregulho	→ Areia argilosa
	≥15% de pedregulho	→ Areia argilosa com pedregulho
SC-SM	<15% de pedregulho	→ Areia argilo-siltosa
	≥15% de pedregulho	→ Areia argilo-siltosa com pedregulho

Figura 2.6. SUCS – Nomes do grupo de fluxograma para solo com pedregulhos e areia.

Fonte: Das & Sobhan (2014)

2. Revisão Bibliográfica



20

2.3. SISTEMA BRASILEIRO DE CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS (SiBCS)

A caracterização da região será feita tomando como ponto de partida a classificação pedológica da região, organizada de acordo com o SiBCS, que é o sistema mais comumente utilizado para caracterização pedológica de solos no Brasil. O desenvolvimento desse sistema teve início no final da década de 70, sendo que a primeira edição foi publicada oficialmente em 1999 com o auxílio e esforço conjunto de diversas instituições e encontra-se atualmente em sua 3ª edição impressa (2013), e 4ª edição, em formato digital (EMBRAPA SOLOS, 2014). Apesar de ser amplamente reconhecido, este sistema foi desenvolvido levando em consideração características do solo voltadas para a agricultura, portanto, essa classificação não possui tanta relevância do ponto de vista geotécnico, por este motivo, o SiBCS será utilizado somente com o intuito de fazer uma separação inicial das áreas de estudo na região do SHTq.

De acordo com o SiBCS (Sistema Brasileiro de Classificação de Solos) (EMBRAPA SOLOS, 2014), o solo é “uma coleção de corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formados por materiais minerais e orgânicos que ocupam a maior parte do manto superficial das extensões continentais do nosso planeta, contêm matéria viva e podem ser vegetados na natureza onde ocorrem e, eventualmente, terem sido modificados por interferências antrópicas”.

A Embrapa Solos (2017) explica em sua página da internet que a classificação de solos no Brasil teve início no final do século XIX e a partir do conceito de Dokuchaev, o solo passou a ser caracterizado de maneira individualizada.

O SiBCS é um sistema baseado em outros modelos de classificação internacionais, como *Soil Taxonomy* (USDA, 1999) , WRB/FAO (IUSS WORKING GROUP WRB, 2015) e *Référentiel pédologique* (AFES, 2008), não sendo exclusivamente brasileiro.

A classificação dos solos do SiBCS é dividida em 6 níveis (Figura 2.8), sendo que o nível de detalhamento escolhido pela caracterização pedológica dos tipos de solo a serem estudados limitou-se à primeira divisão do SiBCS (ordem), com exceção de alguns solos, como o Latossolo Vermelho (LV) e Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA), onde a divisão em subordens é relevante para as análises devido à grande área ocupada por estas unidades e às suas diferentes capacidades de drenagem: enquanto que os LV possuem uma melhor drenagem, dando origem à hematita (daí a coloração avermelhada) nas partes superiores do relevo, mais quentes e menos úmidas, os LVA possuem uma drenagem inferior e dão origem a goethita (coloração amarelada), cuja formação é favorecida pela dessilicação e concentração de ácidos húmicos pela percolação de água (ALMEIDA, 2012). Devido ao fato da caracterização pedológica dos tipos de solo do Distrito Federal já ter sido realizada em estudos de

levantamento e reconhecimento coordenados pela EMBRAPA em 1978, não será realizada uma nova verificação quanto a esse tipo de classificação dos solos, apenas um norteamento para caracterizar os aspectos geotécnicos.

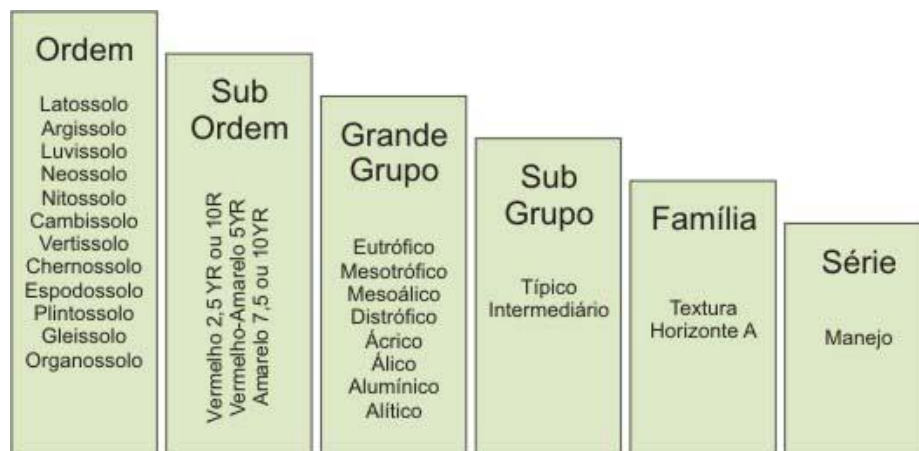


Figura 2.8. Níveis do Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos.

Fonte: Prado (2017)

Desse modo, as principais características observadas em um determinado perfil de solo para classificá-lo quanto à ordem são a presença/ausência de determinados atributos, horizontes diagnósticos ou propriedades que definem e diferenciam os tipos de solo quanto aos processos que o formaram e o grau de desenvolvimento de tais processos (EMBRAPA SOLOS, 2014). Esses processos são identificados pelas marcas e sinais deixados no solo que identificam os processos dominantes de seu desenvolvimento. O SiBCS explica que essa foi a categoria escolhida como 1º nível categórico por possuir o maior número de características acessórias.

“Os critérios recomendados devem ser testados nas distintas classes de solos, verificando metodologias apropriadas e respostas em termos de importâncias agronômica, geotécnica e para fins diversos. Este é um campo que deve ser estimulado nas ações de pesquisas nas instituições diversas” (EMBRAPA SOLOS, 2014).

2.4. GEOPROCESSAMENTO E SIG

Até o final da década de 1960, a representação de mapas e dados geográficos era feita em papel, o que restringia enormemente a quantidade de dados a ser disponibilizada e a sobreposição de dados espaciais. Com o grande desenvolvimento tecnológico dos últimos anos, principalmente o do presente século, surgiram tecnologias capazes de armazenar grandes quantidades de dados em ambiente computacional, o que permitiu o desenvolvimento da área de estudo do geoprocessamento.

Geoprocessamento pode ser entendido como a área do conhecimento que engloba o conjunto de tecnologias e estudos que realizam coleta e tratamento de informações para um objetivo específico, seja na forma de mapas convencionais, relatórios, arquivos digitais, dentre

outros, o que possibilita o desenvolvimento de áreas como Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Transportes, Comunicações, Energia e Planejamento Urbano (CÂMARA & DAVIS, 2001). Nesse contexto, surgem os denominados Sistemas de Informação Geográfica (SIG ou *GIS – Geographic Information System*), que são sistemas que processam dados gráficos e não gráficos (alfanuméricos) com ênfase em análises espaciais e modelagens de superfícies (INPE, 2006a).

De acordo com (CÂMARA & DAVIS, 2001) “Pode-se dizer, de forma genérica, “*Se onde é importante para o seu negócio, então geoprocessamento é sua ferramenta de trabalho*”. Sempre que o **onde** aparece, dentre as questões e problemas que precisam ser resolvidos por um sistema informatizado, haverá uma oportunidade para considerar a adoção de um SIG.”

Geoprocessamento e SIG são dois conceitos fundamentais, porém comumente confundidos. Enquanto o geoprocessamento é uma área ampla de estudo que analisa informações ligadas a informações espaciais, o SIG é uma das geotecnologias utilizadas para se alcançar este objetivo (MEDEIROS, 2010) (Figura 2.9).



Figura 2.9. Relação entre o Geoprocessamento e as Geotecnologias.
Fonte: Medeiros (2010)

De acordo com (INPE, 2006a), a estrutura de um SIG é formada pela interface com o usuário, a entrada e integração de dados, o processamento gráfico de imagens e a visualização/plotagem, todos gerenciados e armazenados em um banco de dados geográficos que permite a análise numérica de todos os atributos inseridos no sistema (Figura 2.10).

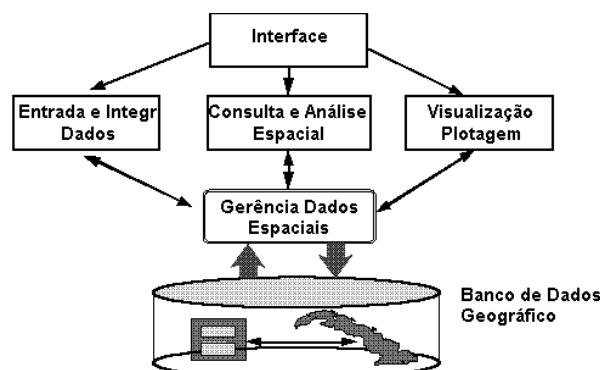


Figura 2.10. Arquitetura de Sistemas de Informação Geográfica (SIG).
Fonte: INPE (2006a)

2.4.1. TIPOS DE DADOS

Existem diferentes maneiras de caracterizar uma região em geoprocessamento. Para Câmara & Monteiro (2001), a referência histórica mais importante acerca de sistemas de medidas em ambientes SIG é o trabalho de Stevens (1951), onde os dados são classificados da seguinte maneira:

2.4.1.1. TEMÁTICOS

São dados que indicam uma característica qualitativa de uma região, como explicado acima, por exemplo, a pedologia de um tipo de solo, aptidão agrícola ou uma região administrativa (CÂMARA & MONTEIRO, 2001).

Desse modo, os números utilizados para a classificação não representam dados matemáticos, mas sim, uma identificação sobre um único tema, que pode ser obtido por levantamentos de campo e inseridos no sistema SIG ou a partir de classificações automáticas de imagens com novas tecnologias como o VANT (INPE, 2006b). A Figura 2.11 é um exemplo de mapa temático que caracteriza a geologia do Distrito Federal.

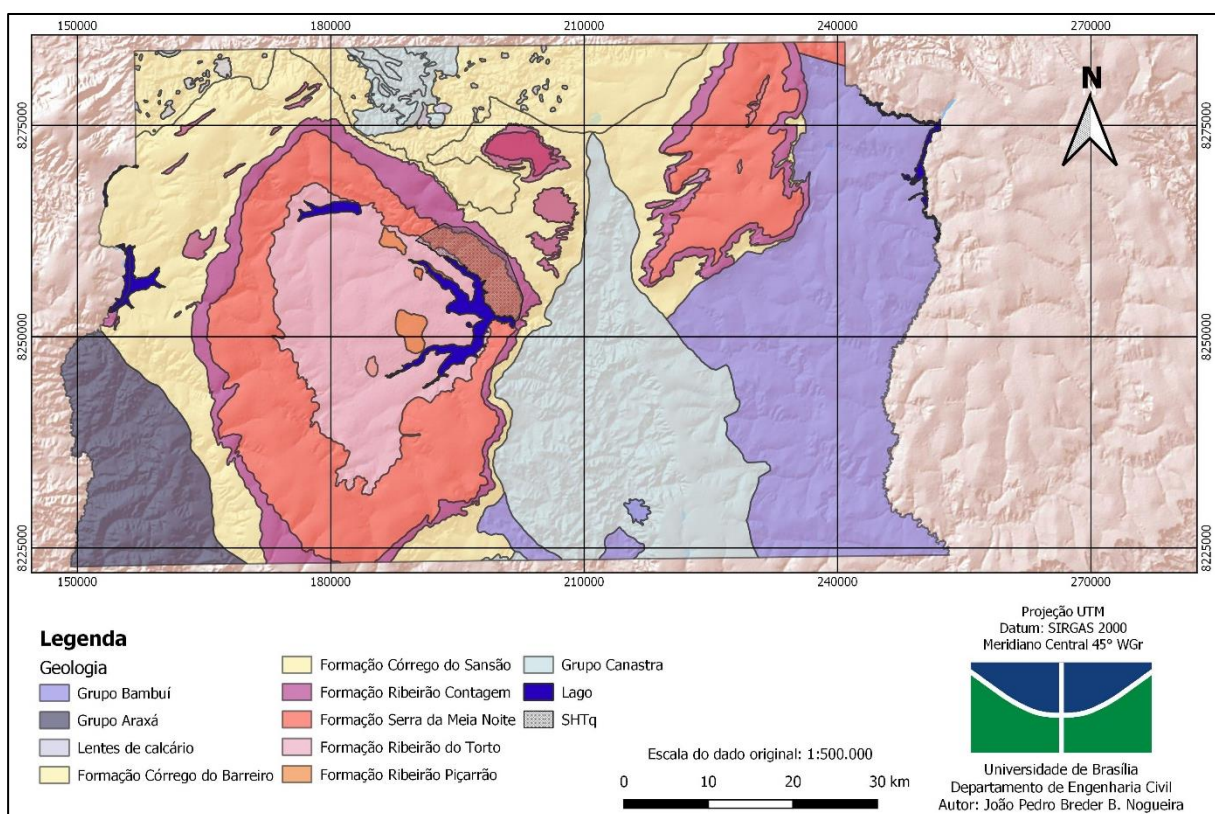


Figura 2.11. Exemplo de Mapa Temático: Geologia simplificada do Distrito Federal.

Fonte: Modificado de Freitas-Silva & Campos (1998)

2.4.1.2. CADASTRAIS

Os dados cadastrais possuem uma lista de atributos associados a cada objeto geográfico, como por exemplo uma determinada região geográfica que possui uma renda *per capita*, uma densidade demográfica e um PIB, sendo que, para cada região, os dados podem ser diferentes

em cada escala (CÂMARA & MONTEIRO, 2001). A Figura 2.12 ilustra o exemplo de um mapa com dados cadastrais com informações de PIB e população de alguns países da América do Sul.

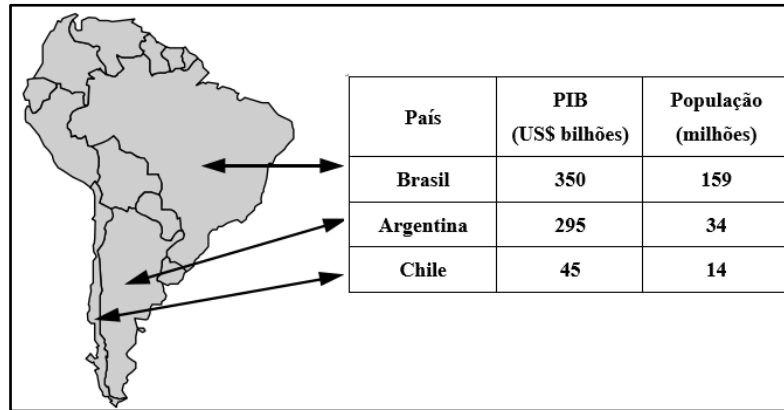


Figura 2.12. Exemplo de mapa com dados cadastrais.
Fonte: Câmara & Monteiro (2001)

2.4.1.3. REDES

Esses tipos de dados dizem respeito a sistemas de rede de água, luz, telefone, redes de drenagem, rodovias. Ou seja, elementos lineares que possuem uma localização geográfica exata e estão sempre associados a atributos descritivos, como por exemplo, a potência de uma turbina, o diâmetro de um cabo de energia/telefone, o tipo de tubulação de água, permitindo ainda indicar o sentido de fluxo da rede, como por exemplo o fluxo de água.

Tabela 2.5. Especificações das tubulações de rede de distribuição de água

Diâmetro (mm)	Material	Extensão (km)	Porcentagem (%)
50	PVC	62,95	75,27
100	PVC	2,35	2,90
150	FERRO FUNDIDO	2,82	3,48
250	FERRO FUNDIDO	0,87	1,07
400	FERRO FUNDIDO	0,60	0,74

Fonte: Adaptado de Oliveira & Formiga (2000)

Os dados em rede são armazenados em coordenadas vetoriais de topologia *arco-nó*, sendo que os arcos indicam a direção do fluxo e os nós armazenam as informações de custo de percorrimento (INPE, 2006a). Um exemplo ilustrativo feito pelo INPE (2006b) é de que uma rede elétrica possui postes, transformadores, linhas de transmissão e outros. As linhas de transmissão seriam representadas pelos arcos com seus respectivos dados e os demais elementos seriam os nós da malha, como representado na Tabela 2.5 e Figura 2.13.

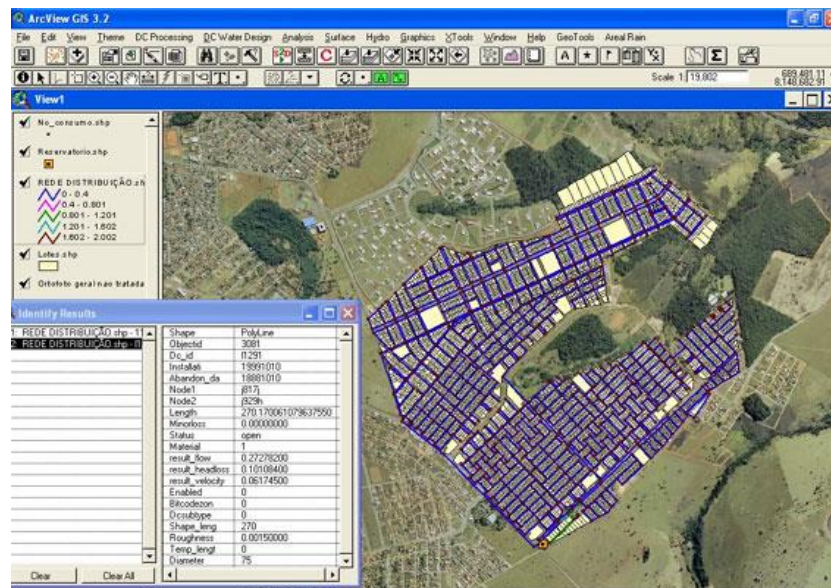


Figura 2.13. Exemplo de mapa com dados de redes de distribuição de água.

Fonte: Oliveira & Formiga (2000)

2.4.1.4. MODELO NUMÉRICO DE TERRENO

De acordo com o INPE (2006b), o termo modelo numérico de terreno (MNT) é utilizado para indicar grandezas que variam continuamente em cada ponto do espaço e de forma quantitativa. Geralmente estes dados estão associados, porém não limitados, à altimetria. Desse modo, este tipo de dado cria um plano tridimensional, sendo que o plano (x,y) representa as coordenadas geográficas do terreno e o eixo z, que é representado pelos dados coletados, especifica a altitude do local.

Câmara e Monteiro (2001) explicam que além de dados topográficos, outras possíveis utilizações para modelos numéricos de terreno podem ser: análises de corte-aterro para projetos de estradas/barragens, cálculo de mapas de declividade para criação de bacias hidrográficas, análises de variáveis geofísicas e geoquímicas, dentre outras. A Figura 2.14 ilustra a topografia de uma região gerada a partir de um MNT.

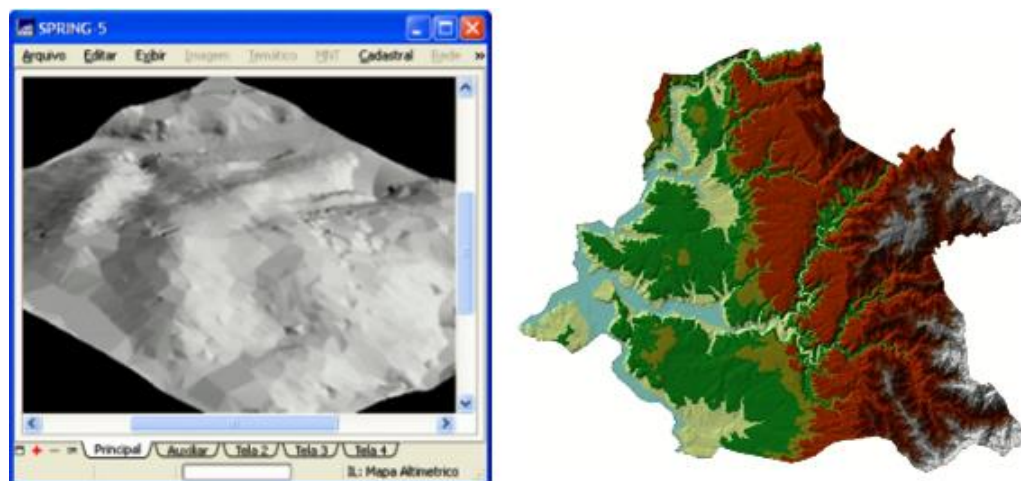


Figura 2.14. Topografia de um terreno em ambiente SIG a partir de um MNT

Fonte: Medeiros (2011)

2.4.2. CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA

As terminologias carta e mapa são comumente utilizadas como sinônimos e referem-se a documentos cartográficos que possuem diversas finalidades, como por exemplo planejamento urbano, conservação e gestão de ambiente, avaliação de eventos perigosos, entre outros. Entretanto, mapas e cartas possuem diferenças relacionadas à sua utilização. Enquanto que o mapa é apenas um registro de dados obtidos de um determinado aspecto do ambiente, sem interpretações, a carta é um documento cartográfico que relaciona as interpretações e associações dos dados contidos nos mapas. (ZUQUETTE & GANDOLFI, 2004)

Os modelos cartográficos são divididos em unidades delimitadas entre si, sendo que cada uma delas é definida com base numa variedade de propriedades.

“A definição de unidade deve basear-se sempre em um grupo de atributos diretamente relacionado a um vetor de interesse. Assim, uma unidade pode ser definida com base em um grupo de atributos (unidades básicas) ou por meio de uma associação dos quatro tipos¹ (unidades compostas)”

Zuquette & Gandolfi (2004)

Além disso, é importante considerar a finalidade de cada uma das unidades e a sua pertinência, evitando criar unidades que não possuem relevância relacionada ao objetivo da carta geotécnica.

Na composição de documentos cartográficos, os atributos presentes no vetor de interesse são analisados em quatro situações: subdivisão de áreas maiores em menores; agrupamento de área a partir de uma divisão natural, como as bacias hidrográficas; a partir de informações que permitam definir zonas de igual comportamento, como com o uso da geoestatística; e baseados numa hierarquização definida *a priori*. (ZUQUETTE & GANDOLFI, 2004)

Prandini et al. (1995) definem carta geotécnica como um documento que expõe as limitações e potencialidades dos terrenos, estabelecendo as diretrizes de ocupação de uma determinada região. Desse modo, as cartas possuem aplicações como instrumentos de planejamento urbano e execução de obras. As cartas geotécnicas possuem uma característica de subjetividade que pode variar de acordo com a formação profissional e experiência do criador. Desse modo, existe a possibilidade de cartas geotécnicas apresentarem unidades

¹ Os atributos são classificados em quatro categorias. Os **atributos de tempo** variam em diferentes escalas temporais, como a profundidade da zona saturada, a linha de costa ou idades geológicas. Os **atributos de espaço** relacionam-se à variação de materiais ou de outros atributos em área. **Atributos inerentes aos materiais** são suas propriedades intrínsecas. E os **atributos de relações** decorrem da semelhança entre duas propriedades, como a condutividade hidráulica. (ZUQUETTE & GANDOLFI, 2004)

diferentes mesmo quando os autores possuem os mesmos objetivos e trabalhem na mesma escala e com os mesmos índices físicos.

Tabela 2.6. Tipos de cartas geotécnicas e seus conceitos.

Tipo	Conceito
Cartas geotécnicas	Sintetiza o conhecimento do meio físico e seus processos geodinâmicos atuantes, bem como as recomendações sobre medidas estruturais e não estruturais que devem ser adotadas para que eventuais intervenções no ambiente sejam realizadas de maneira adequada às características geotécnicas dos terrenos. Apresenta-se na forma de um documento cartográfico, elaborado por meio de trabalhos de mapeamento realizados em campo e laboratório
Cartas de riscos geológicos	Resultam da análise de riscos, apontando setores e edificações em situação de maior ou menor risco (ex: baixo, médio e alto risco a deslizamento ou inundação). Envolve avaliação de perigo, vulnerabilidade e consequências (perdas e danos)
Cartas de suscetibilidade	Classifica os terrenos em distintos graus quanto à propensão a processos do meio físico que podem gerar desastres naturais (ex: baixa, média e alta suscetibilidade a deslizamento ou inundação).

Fonte: Adaptado de Bitar, *et. al.* (2015)

De acordo com Zuquette & Gandolfi (2004), é importante seguir uma hierarquia no processo de criação de mapas com o objetivo de ordenar as informações obtidas em uma sequência lógica, englobando desde o planejamento do trabalho até a elaboração do nível mais avançado dentro da hierarquia proposta. Eles explicam que os critérios definidos nessa hierarquia podem ser utilizados de maneira absoluta ou em classes que relacionam categorias de um tema, sempre observando as relações existentes entre os componentes do meio ambiente em cada nível hierárquico proposto. Diante dessa proposta de organização, os autores definiram oito níveis hierárquicos e os tipos de documentos associados a cada um deles (Tabela 4.3).

De acordo com Zuquette & Gandolfi (2004), um mapa de materiais inconsolidados seria algo semelhante à Figura 2.15, com os parâmetros geotécnicos encontrados por meio de análises de campo ou laboratório para cada um dos pontos investigados. A espacialização dos parâmetros encontrados permite criar zoneamentos geotécnicos a partir da geologia, geomorfologia e dos dados geotécnicos encontrados.

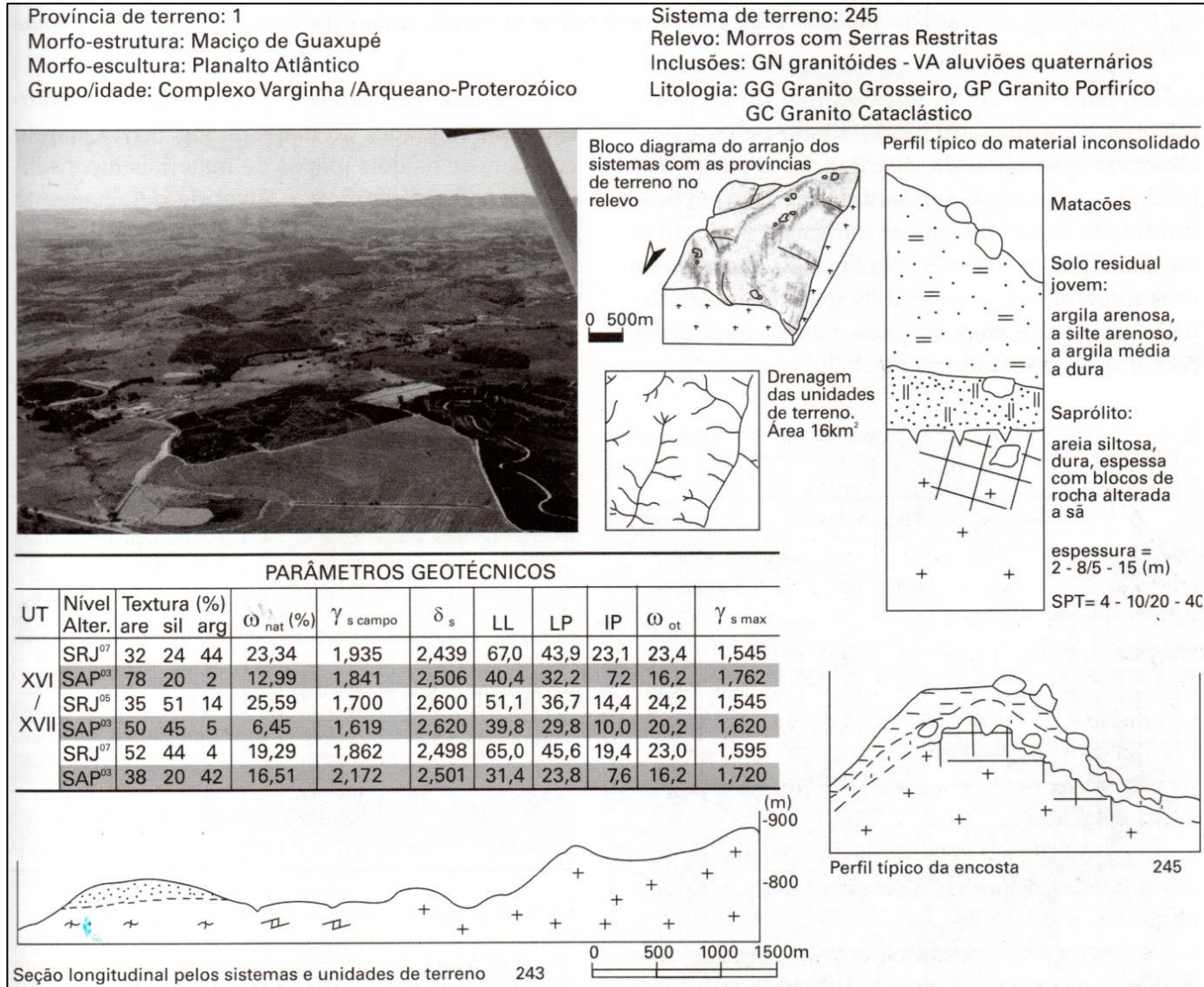


Figura 2.15. Exemplo relação entre os materiais inconsolidados e as feições do terreno.
Fonte: (ZUQUETTE & GANDOLFI, 2004)

3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.1. ASPECTOS GERAIS

O Distrito Federal está localizado no centro do território nacional brasileiro, em uma região de planaltos. Possui uma área de aproximadamente 5.814 km², sendo limitado pelos paralelos de 15°30' e 16°03' latitude Sul. A oeste é limitado pelo Rio Descoberto e a leste pelo Rio Preto.

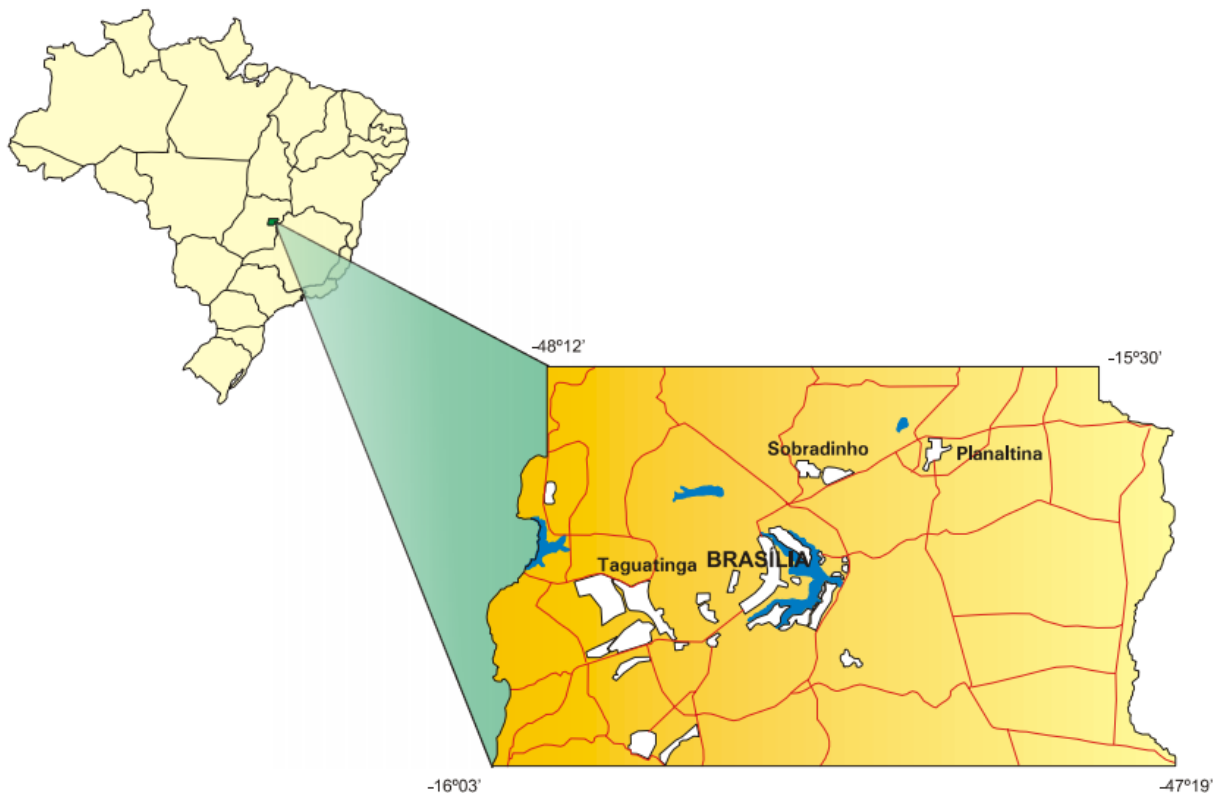


Figura 3.1. Localização do DF.

Fonte: Martins, *et. al.* (2004)

A região não possui rios com grande volume de água, apesar disso, é uma área de nascentes. Na área de reserva ambiental de Águas Emendadas, na região de Planaltina, cerca de 50 km do centro de Brasília, ocorre um fenômeno hidrográfico que gerou o nome da reserva. O fenômeno de dispersão de águas marca o ponto de divisa entre bacias hidrográficas já que as águas que nascem nesse local fluem para lados opostos (NAIME, 2015).

A vegetação predominante da região é o Cerrado, que cobre uma área de cerca de 90% do Distrito Federal e aproximadamente 2 milhões de km² em todo o território nacional (aproximadamente 22%), de acordo com dados do Ministério do Meio Ambiente (2014). Esse tipo de vegetação é típico de climas que possuem duas estações: uma chuvosa, entre outubro e abril, quando caem cerca de 90% das chuvas, e outra seca, entre maio e setembro (EMBRAPA, 2013). Sendo assim, as árvores possuem raízes profundas para que consigam atingir os lençóis freáticos e obter água. Além disso, devido à grande quantidade de alumínio, que leva à acidez

presente no solo, a quantidade de nutrientes disponíveis para plantas é reduzida e, como consequência, o formato de seu caule torna-se retorcido, forma comumente encontrada entre as árvores do cerrado. (FIGUEIREDO & STELLA, 2008).

3.2. GEOLOGIA DO DF

De acordo com os estudos e classificações geológicas propostas por (FREITAS-SILVA & CAMPOS, 1998), o Distrito Federal situa-se acima de rochas metassedimentares dos grupos Canastra, Paranoá, Araxá e Bambuí. Em seus estudos, foi confeccionado um mapa simplificado para representar as formações geológicas do DF, ilustrado na Figura 3.4.

Os grupos Paranoá e Canastra possuem uma aproximação de idade entre as eras Neo-proterozoica e Meso-proterozoica e provavelmente representam unidades cronocorrelatas dispostas lateralmente. Já os grupos Araxá e Bambuí são considerados de idade Neo-proterozoica, representando sedimentos cronocorrelatos. (FREITAS-SILVA & CAMPOS, 1998)

O Grupo Bambuí composto pela sequência pelito-carbonatada-arcoseana, escalonada da base para o topo nas seguintes formações: Jequitaiá, Sete Lagoas, Lagoa do Jacaré, Serra da Saudade e Três Marias (DARDENNE, 1978). No Distrito Federal, são compostos por metassiltitos, metassiltitos argilosos, metargilitos e raras intercalações de arcóseos, estando relacionados às formações do tipo da Serra da Saudade e à base da Formação Três Marias.

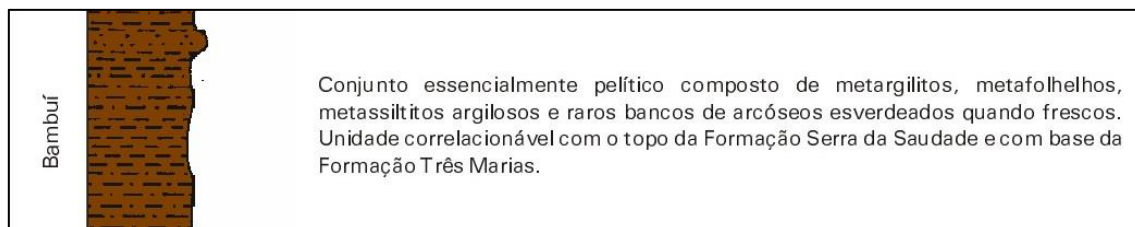


Figura 3.2. Recomposição litoestratigráfica do Grupo Bambuí.
Fonte: Freitas-Silva & Campos (1998)

No Distrito Federal, a representação do Grupo Araxá (Figura 3.3) são muscovita xistos, clorita-quartzo xistos, muscovita-granada xistos e raras lentes de quartzitos micáceos (PIMENTEL, *et al.*, 1993).

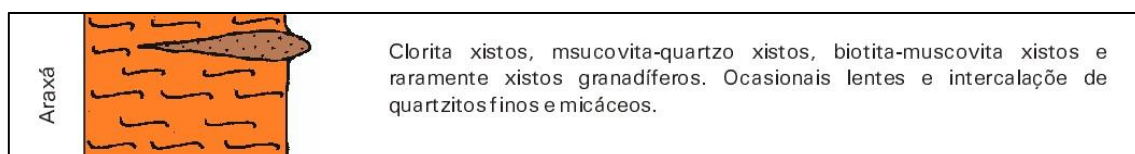


Figura 3.3. Recomposição litoestratigráfica do Grupo Araxá.
Fonte: Freitas-Silva & Campos (1998)

Caracterização geotécnica de solos na região do Taquari-DF

3. Caracterização da área de estudo

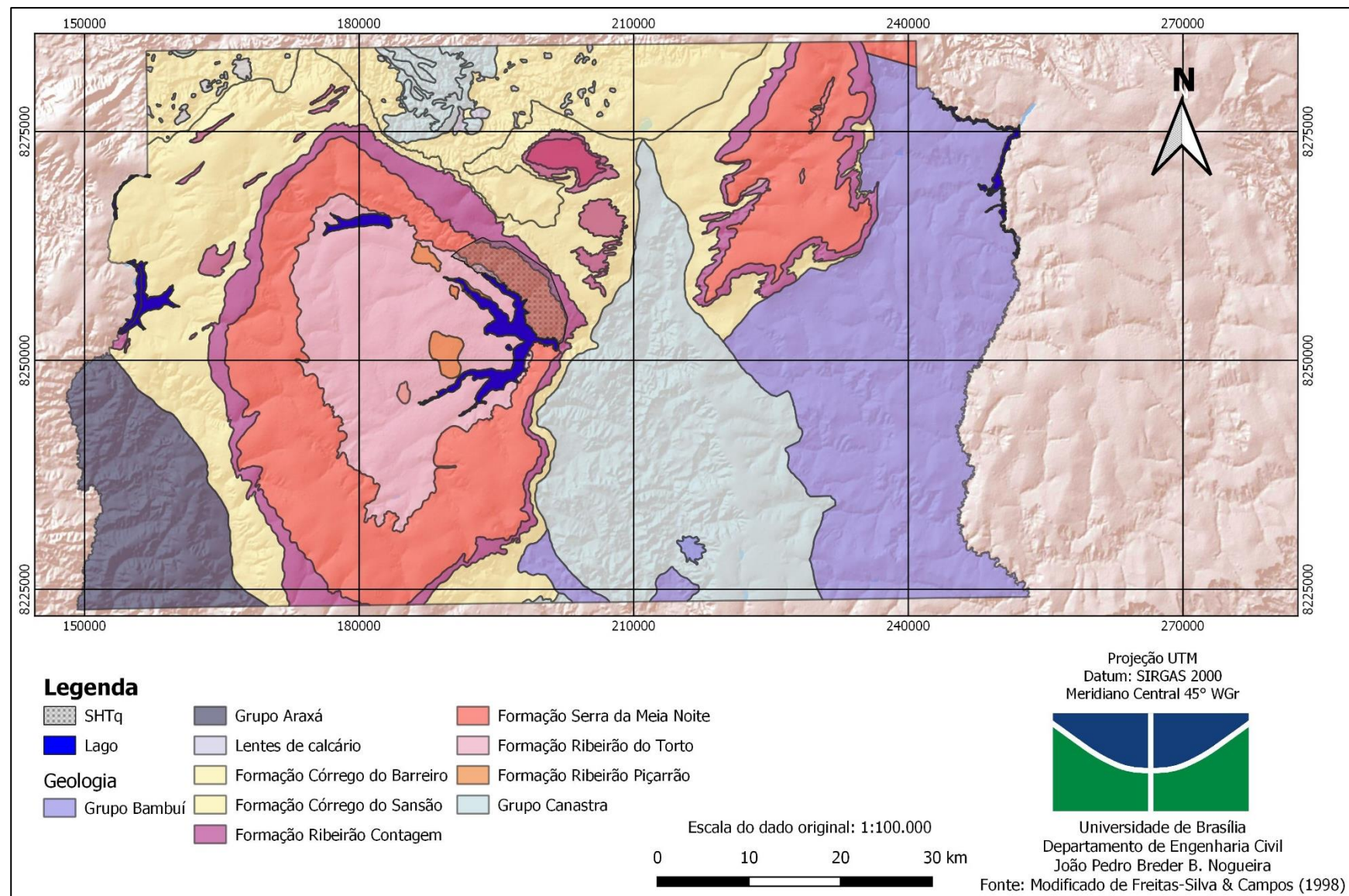


Figura 3.4. Mapa geológico simplificado do DF.
Fonte: Modificado de Freitas-Silva & Campos (1998)

As subdivisões do Grupo Canastra (Figura 3.5) são baseadas nas seguintes formações: Serra do Landin, Paracatu e Serra dos Pilões. No Distrito Federal, é predominantemente composto por clorita e sericita filitos e em menores quantidades calcifilitos, filitos carbonosos, quartzitos e mármore finos, minerais que estão relacionados às formações da Serra do Landin e Paracatu (FREITAS-SILVA; DARDENNE, 1993).

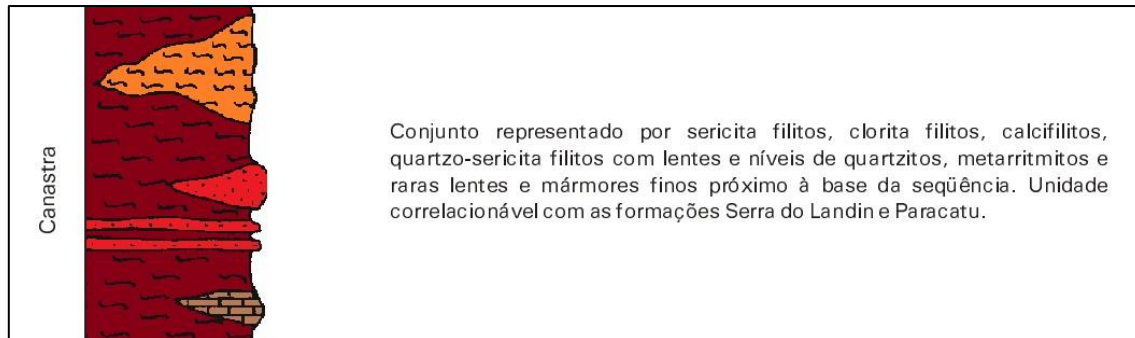


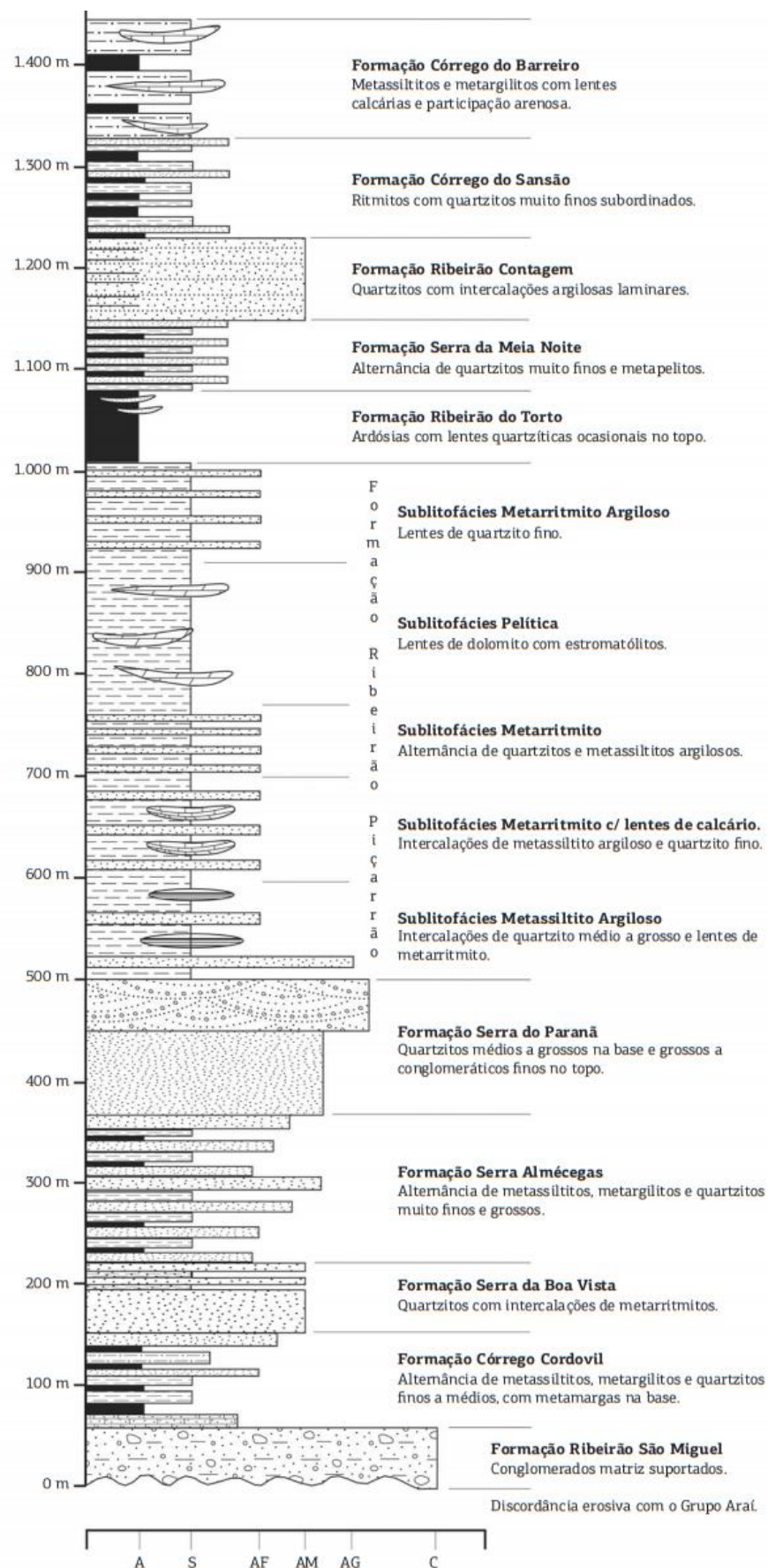
Figura 3.5. Recomposição litoestratigráfica do Grupo Canastra.

Fonte: Freitas-Silva & Campos (1998)

O Grupo Paranoá é constituído de rochas metapsamo-pelíticas e carbonatadas que foram estudadas em São João da Aliança por Faria (1995), que propunha uma coluna estratigráfica na qual as unidades litoestratigráficas eram classificadas informalmente por códigos da base para o topo, posteriormente formalizada por Campos, *et al.* (2013), com o agrupamento das unidades em onde formações (Figura 3.6). Essas unidades não serão detalhadas pois as caracterizações serão feitas nos horizontes superficiais dos solos, que não possuem relação direta com o substrato rochoso.

Caracterização geotécnica de solos na região do Taquari-DF

3. Caracterização da área de estudo



A: Argila; S: Silte; AF: Areia Fina; AM: Areia Média; AG: Areia Grossa; C: Cascalho.

Figura 3.6. Coluna estratigráfica do Grupo Paranoá na área-tipo de Alto Paraíso de Goiás/DF
Fonte: Campos, *et al.*, (2013)

3.2.1. GEOLOGIA DO SHTq

O SHTq apresenta três formações geológicas, são elas: Formação Ribeirão Contagem, Formação Ribeirão do Torto e Formação Serra da Meia Noite (Figura 3.7) (CAMPOS, *et al.*, 2013). A Figura 3.8 mostra o mapa com as distribuições espaciais das formações geológicas do SHTq.

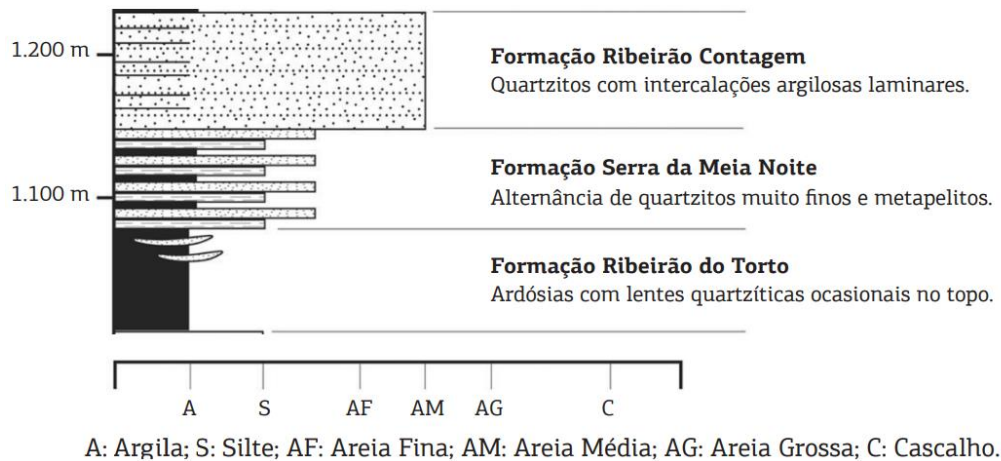


Figura 3.7. Formações geológicas do SHTq

Fonte: Adaptado de Campos, *et al.* (2013)

a. Formação Ribeirão do Torto (CAMPOS, *et al.*, 2013)

Litologicamente, é caracterizada por ardósias roxas alteradas ou cinza esverdeadas quando frescas e homogêneas. Próximo ao limite da unidade superior ocorrem intercalações vermelha-rosadas siltico-argilosas em espessuras milimétricas e centimétricas. Apresenta rochas intensamente fraturadas.

a. Formação Serra da Meia Noite (CAMPOS, *et al.*, 2013)

É caracterizada por alternâncias de estratos centimétricos a métricos de quartzitos finos a médios com níveis menos espessos de metassiltitos argilosos, metalamitos siltosos e metalamitos micáceos. A quantidade relativa de termos arenosos é importante, justificando, assim, a denominação deste pacote como unidade de metarritmito arenoso.

b. Formação Ribeirão Contagem (CAMPOS, *et al.*, 2013)

Apresenta contato brusco e concordante com a Formação Serra da Meia Noite, e é caracterizada por quartzitos finos a médios, brancos ou cinza claro (cinza escuro quando frescos). Lentes de metarritmitos, com espessuras variando de decimétricas até 10 m, ocorrem geralmente próximas à base e ao topo desta sucessão de quartzitos

Caracterização geotécnica de solos na região do Taquari-DF

3. Caracterização da área de estudo

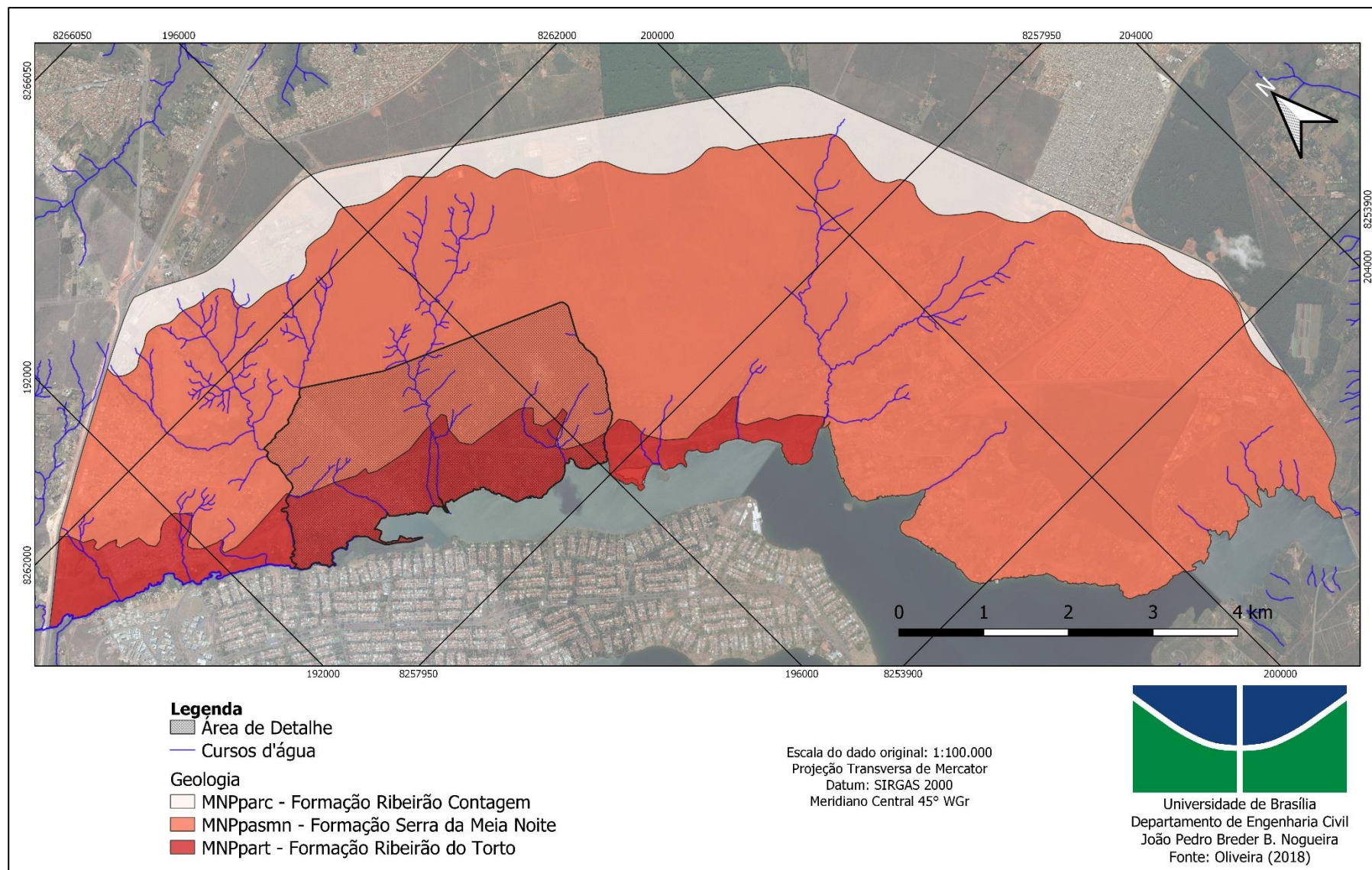


Figura 3.8. Mapa geológico do Setor Habitacional Taquari

Fonte: Oliveira (2018)

3.3. PEDOLOGIA

Em seu documento “Evolução Geomorfológica do Distrito Federal”, Martins, *et al.* (2004), explicam que a melhor fonte de informação sobre os solos do DF é o trabalho realizado pelo Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, em 1978, onde os solos presentes na região do Planalto Central foram descritos, caracterizados e mapeados na escala 1:100.000. Atualmente, o Zoneamento Ecológico e Econômico – ZEE (2011) do DF dispõe de um mapeamento pedológico atualizado na escala de 1:50.000 baseado no antigo mapa da Embrapa (Figura 3.9).

De acordo com esse trabalho, 85,49% da área do Distrito Federal é ocupada por apenas três classes de solos: Latossolo Vermelho (LV), Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA) e Cambissolo (C). As outras classes de solo que ocorrem encontram-se na Tabela 3.1.

Tabela 3.1. Área de cada classe pedológica de solo no DF.

Tipo de Solo	Área (%)
Latossolo Vermelho	38,63%
Latossolo Vermelho-Amarelo	15,84%
Cambissolo	31,02%
Argissolo	4,09%
Nitossolo	0,09%
Neossolos Flúvico	0,19%
Gleissolo	4,16%
Neossolo Quartzarênico	0,53%
Superfície Urbana/Água	5,45%

Fonte: Reatto, *et. al.* (2004)

3.3.1. CLASSES PEDOLÓGICAS DE SOLO NO SHT_q

As principais classes pedológicas de solo encontrados na região do Taquari são: Cambissolos, Latossolos Vermelhos, Latossolos Vermelho-Amarelos e Gleissolos. A distribuição espacial pedológica de solo na região do Taquari está representada no mapa da Figura 3.10. Nele estão indicados dois perfis de solos hidromórficos (Hi) observados por Oliveira (2018) que não haviam sido mapeados originalmente devido à escala utilizada (1:50.000) no mapeamento ZEE (2011), que não permitiu um nível tão preciso de detalhamento.

3.3.1.1. CAMBISSOLOS (CX)

Os cambissolos são constituídos por material mineral, com horizonte B subjacente a qualquer outro tipo de horizonte superficial (EMBRAPA SOLOS, 2014). O horizonte superficial apresenta pouca alteração física e química, porém suficiente para permitir o desenvolvimento de cor e estrutura.

Caracterização geotécnica de solos na região do Taquari-DF

3. Caracterização da área de estudo

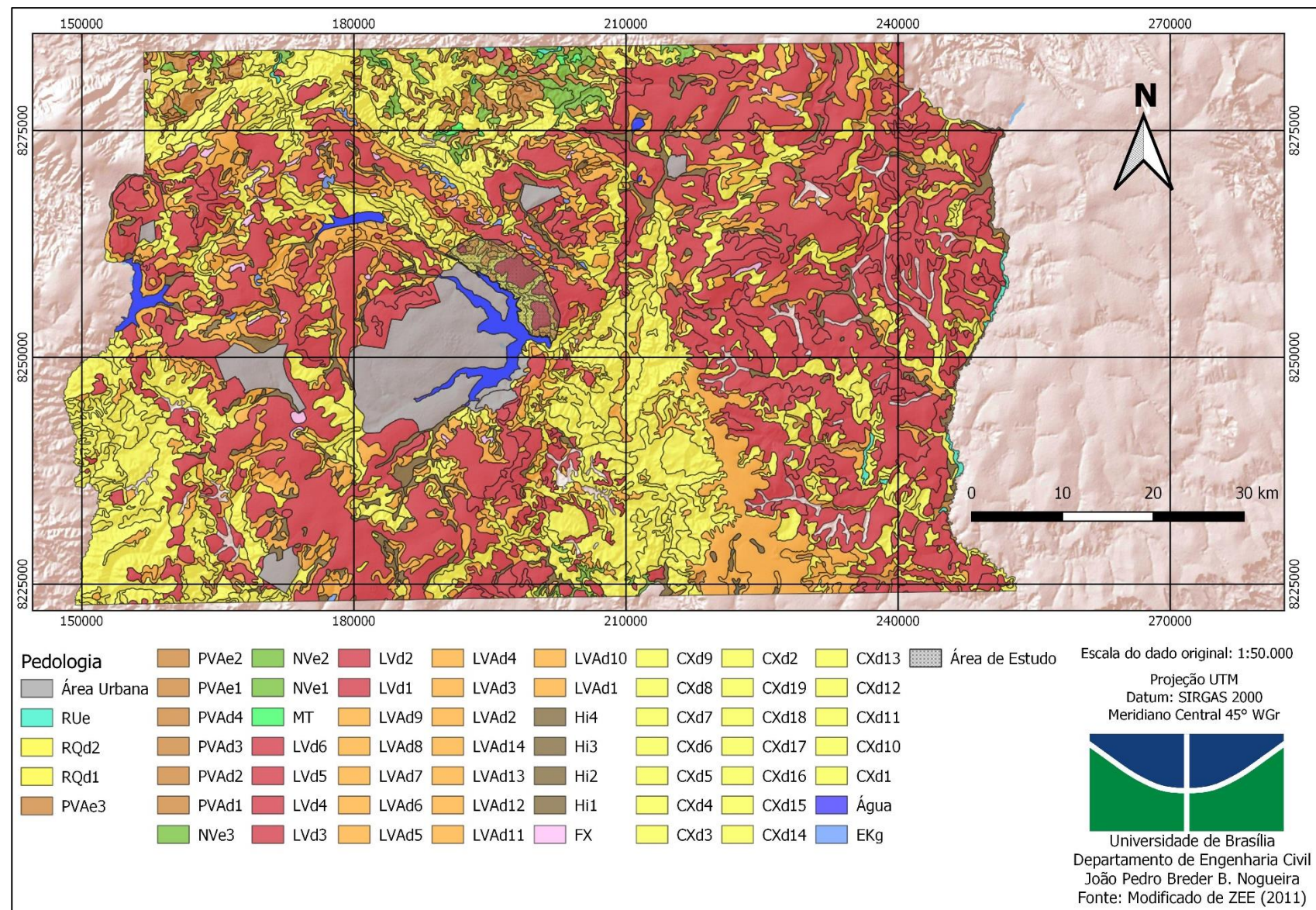


Figura 3.9. Mapa Pedológico simplificado do DF.

Fonte: Modificado de ZEE (2011)

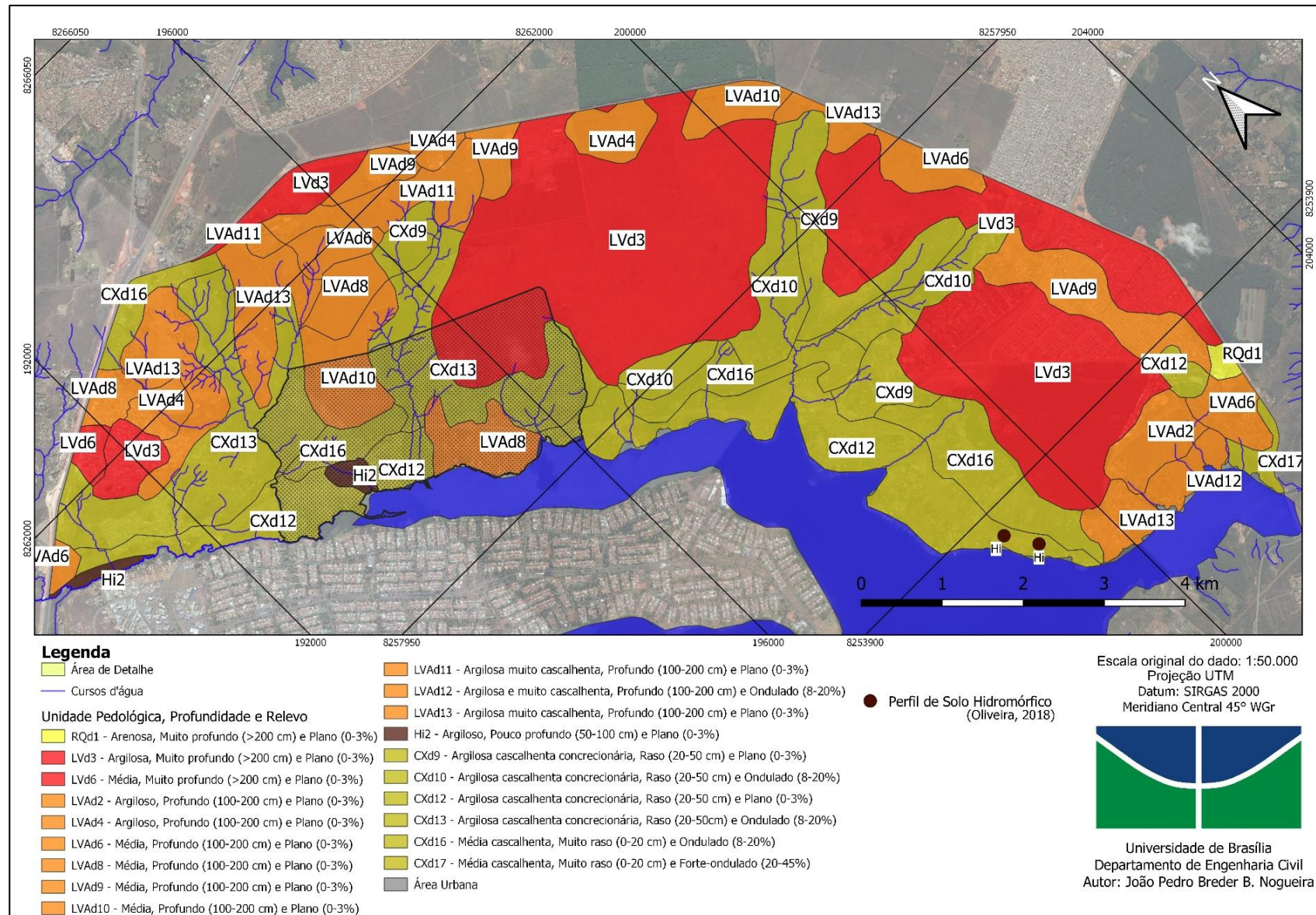


Figura 3.10. Distribuição espacial dos tipos pedológicos de solo no SHTq
Fonte: Modificado de ZEE (2011)

Devido ao fato do material de origem ser muito heterogêneo, das formas de relevo onde o tipo de solo é desenvolvido serem, geralmente, onduladas e forte-onduladas e das diversas condições climáticas as quais o solo pode ser submetido, as características de um Cambissolo podem variar muito de uma região para outra. Desse modo, essa classe abrange desde solos fortemente até imperfeitamente drenados, de superficiais a profundos, de cor bruna ou bruno-amarelada até vermelho-escura, de alta a baixa saturação por bases e atividades químicas da fração coloidal (EMBRAPA SOLOS, 2014).

Os Cambissolos podem apresentar características morfológicas semelhantes às dos Latossolos, entretanto, de acordo com o SiBCS (2004), o horizonte B apresenta uma ou mais características de solos não muito evoluídos que permitem sua diferenciação. (REATTO, *et al.*, 2004) resumem essas características da seguinte forma:

- a) Espessura quase sempre menor que 70 cm;
- b) Os cambissolos apresentam, em geral, textura mais grosseira;
- c) Relação molecular $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ (Ki) > 2,2;
- d) Saprólito com maior espessura;
- e) Transições entre os horizontes A, B, C são claras e abruptas.

No Distrito Federal, essa classe de solo localiza-se preferencialmente ao longo de relevos mais movimentados, como ondulados e forte-ondulados, ocorrendo nas vertentes das bacias mais importantes, do Maranhão, do Descoberto e do São Bartolomeu e nas encostas com declividades mais elevadas na depressão do Paranoá e na Bacia do Rio Preto (MARTINS, *et al.*, 2004). Representam cerca de 31% da área do DF e sua profundidade varia de 20 cm a 100 cm. Como consequência do material de origem e do clima, é um solo quimicamente distrófico (REATTO, *et al.*, 2004).

3.3.1.2. GLEISSOLOS (Hi)

Os Gleissolos são compostos de material mineral, hidromórfico e são gerados partir de sedimentação recente ainda não consolidada. De acordo com a Agência Embrapa de Informação Tecnológica (AGEITEC, [201?]a), os gleissolos possuem uma constituição que varia entre argilosa, arenosa ou argilo-arenosa, do período do Holoceno. Apresentam horizonte glei¹ nos 50 cm superficiais ou entre 50 cm e 150 cm da superfície, nesse último caso, deve estar imediatamente abaixo de horizontes A ou E, ou ainda, de horizonte hístico que não possua espessura suficiente para ser classificado como Organossolo (EMBRAPA SOLOS, 2014). Estes solos encontram-se naturalmente saturados por água, seja periodicamente ou permanentemente,

¹ Do russo, *gley*, “massa de solo pastosa”, conotativo de excesso de água. (SiBCS, 2004)

o que permite o desenvolvimento do processo de gleização. A presença de água leva à redução de solubilização do ferro, fazendo com que as cores naturais neutras dos minerais de argila que formam o solo aflorem, gerando cores acinzentadas, azuladas ou esverdeadas (Figura 3.11).



Figura 3.11. Gleissolo na região do Taquari/DF.

Na caracterização de Reatto, *et. al.* (2004), os solos hidromórficos ocupam cerca de 3,98% do Distrito Federal. Isso inclui Gleissolos háplicos, Gleissolos melânicos e Espodossolos.

Essa classe de solo é característica de regiões inundadas, sendo comumente encontrada próxima de leitos de rios e cursos d'água. É importante preservá-los para que a estabilidade hídrica da região seja mantida. Além disso, caso seja realizada drenagem artificial do solo, o meio ambiente pode ser atingido, pois os Gleissolos endurecem ao secar e perdem a matéria orgânica (MOTTA, *et al.*, 2003b).

3.3.1.3. LATOSSOLO VERMELHO (LV)

A classe de latossolos vermelhos ocorre principalmente em topos de chapadas, onde há divisão com topos planos, como por exemplo na Depressão do Paranoá e na Bacia do Rio Preto.

Esse tipo de solo apresenta cores vermelhas bastante acentuadas, motivo pelo qual recebeu esta nomenclatura. O solo possui esta cor devido aos altos teores de óxidos de ferro e alumínio presentes em sua composição, originário de ambientes bem drenados. Suas características quanto à cor, textura e estrutura são uniformes com a profundidade.

De acordo com o estudo dos solos da Embrapa (1978), o latossolo vermelho é definido como não hidromórfico, com horizonte A moderado e horizonte B latossólico, com textura argilosa ou média e ricos em oxihidróxidos de ferro e alumínio. Devido à sua alta taxa de porosidade, são bastante permeáveis.

O horizonte A possui espessura entre 20 cm e 50 cm, com cor predominantemente bruno-avermelhada escura. Sua estrutura granular varia de fraca a moderadamente desenvolvida (EMBRAPA, 1978).

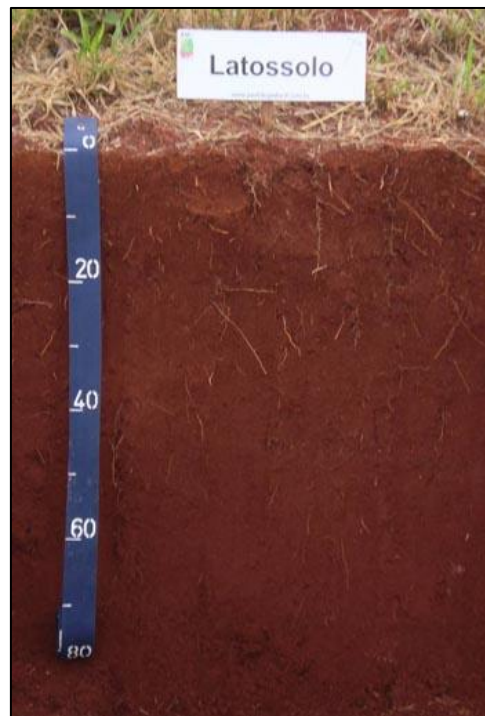


Figura 3.12. Perfil representativo de Latossolo Vermelho.

Fonte: Prado (2017)

O horizonte B é latossólico possui as seguintes características, de acordo com Embrapa (2004):

- Espessura quase sempre maior que 250 cm;
- Pouca ou nenhuma diferenciação entre seus subhorizontes;
- Relação K_i (SiO_2/Al_2O_3) quase sempre inferior a 2,0;
- Gradiente textural (B/A) é baixo.

Devido ao fato de serem profundos e porosos, como citado anteriormente, a vegetação localizada acima desse tipo de solo possui condições favoráveis para um bom desenvolvimento radicular em profundidade, principalmente se o solo em questão for de alta fertilidade. Entretanto, como descrito anteriormente, esse tipo de solo pode conter grandes quantidades de oxihidróxidos de alumínio que podem ser lixiviados para horizontes mais profundos com a temporada de chuvas, gerando uma zona eluvial, pobre em alumínio, e outra zona iluvial, com acúmulo de alumínio e, potencialmente, gerando concreções e aglomerações de grãos de solo, fazendo com que o solo apresente um comportamento diferente do que seria compatível com sua granulometria.

3.3.1.4. LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO (LVA)

A classe de Latossolos Vermelho-Amarelos é encontrada sempre ao lado dos Latossolos Vermelhos, como nas bordas de chapadas e divisores, em superfícies planas. No Distrito Federal, esse tipo de solo é encontrado abaixo dos topos da chapada da Contagem e, especialmente, no divisor Descoberto-Preto.

O latossolo vermelho-amarelado está associado a relevos planos, suave ondulado ou ondulado. Assim como os latossolos vermelhos, os vermelho-amarelados também possuem grande porosidade, o que faz com que sejam solos drenados. São muito profundos e uniformes em características de cor, textura e estrutura em profundidade (AGEITEC, [201?]b).



Figura 3.13. Latossolo Vermelho-Amarelo típico.
Fonte: Embrapa Solos (2017)

Esse tipo de solo é bastante utilizado para agropecuária, principalmente pelo fato de permitirem a utilização de maquinário, já que é um solo desenvolvido em relevos planos e levemente ondulado. Devido ao fato de serem muito profundos e porosos, apresentam boas condições para o desenvolvimento radicular da vegetação. Essa porosidade, entretanto, faz com que o solo seja drenado e não seja capaz de reter água, o que é uma limitação para a agricultura.

Essa classe de solo é similar aos latossolos vermelhos pois possuem as mesmas características de porosidade, grande profundidade e limitações químicas devido à presença de alumínio e ferro no solo, embora em teores menores que nos LV (KER, 1997). De fato, Embrapa (1978) explica que a distinção entre os latossolos vermelho e vermelho-amarelo se deve apenas à cor do horizonte B.

A vegetação associada aos latossolos vermelho-amarelos é geralmente o Cerrado *sensu stricto* (Subdivisão da vegetação do cerrado caracterizada por árvores baixas, inclinadas, tortuosas e com ramificações irregulares e retorcidas), Campo Limpo e Campo Sujo. No Distrito Federal, é comumente encontrado nas áreas de ocorrência do Grupo Paranoá e nas chapadas mais baixas sobre rochas do Grupo Canastra (EMBRAPA, 2004).

3.4. SETOR HABITACIONAL TAQUARI

O Setor Habitacional do Taquari é um setor habitacional do Distrito Federal localizado em área privilegiada, estando inserido na Região Administrativa do Lago Norte, próximo à Torre de TV Digital e à beira do lago Paranoá. A região comporta diversos córregos e possui diversas nascentes, constituindo áreas de preservação permanente (APP), de acordo com o código florestal brasileiro (BRASIL, 2012)². As DIUR 07/2013 (GDF, 2013) da SEDHAB (Secretaria de Estado de Habitação, Regularização e Desenvolvimento Urbano do Distrito Federal), atual SEGETH (Secretaria de Estado de Gestão do Território e Habitação) dividiu a urbanização dessa região administrativa em duas etapas (Figura 3.14). A Etapa I possui aproximadamente 1.287,75 hectares (12,88 km²), ocupando cerca de 32% da área total do Taquari e é composta por três fases, sendo que as fases 1 e 2 já estão consolidadas e a terceira está em fase de projeto. Está localizada entre rodovia EPIA (BR 450) e o córrego do Urubu (GDF, 2013).

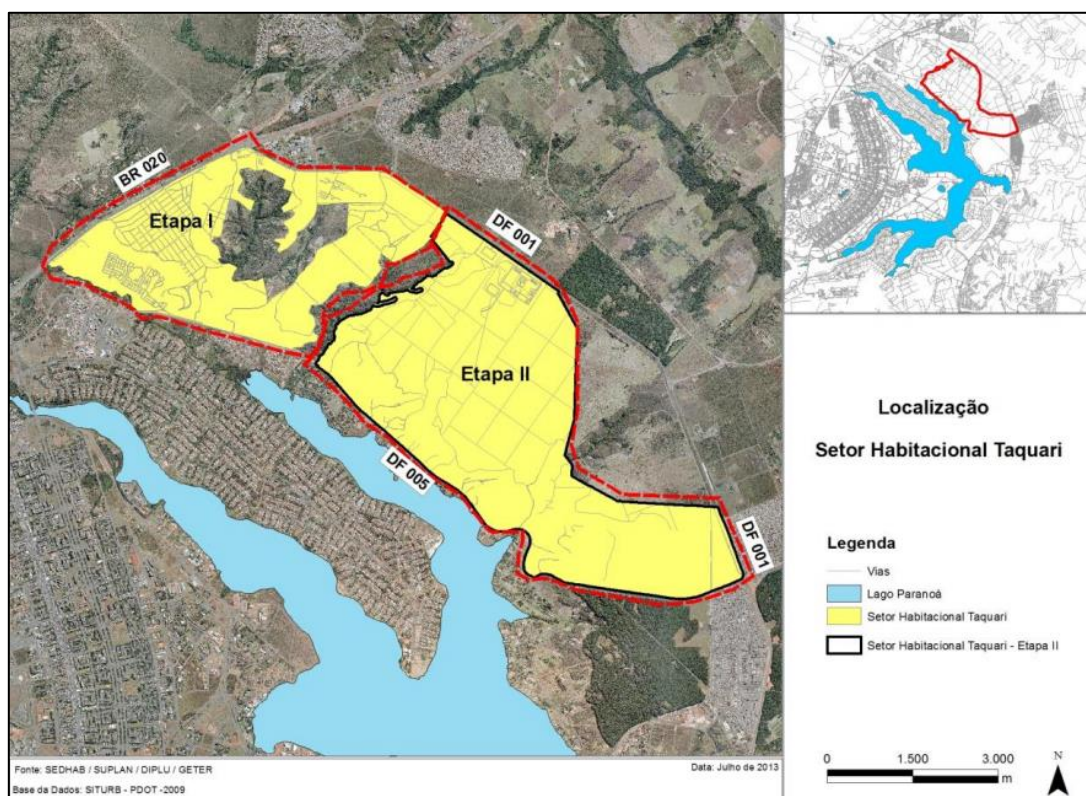


Figura 3.14. Etapas de Urbanização do Setor Habitacional Taquari
Fonte: GDF (2013)

A Etapa II (SHTq II) é uma região será o objeto principal de estudo desta pesquisa, com uma área de aproximadamente 2.578,28 hectares (25,78 km²) e está delimitada ao sul pela Estrada Parque Paranoá (EPPR), ao norte pela Estrada Parque do Contorno (EPCT), a leste pela

² Art. 4º - Considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, para os efeitos desta Lei: IV – as áreas no entorno das nascentes e olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros.

Estrada Parque do Tamanduá (EPTM) e a oeste pelo Córrego do Urubu. O SHTq II ainda não foi implementado devido, dentre outros problemas, a ocupações irregulares que se estabeleceram na região. Apesar disso, os estudos de ocupação já foram realizados pela TERRACAP e o projeto está em fase de planejamento, sendo que os parcelamentos urbanos informais foram chamados pelo PDOT de Áreas de Regularização de Interesse Específico (ARINEs).

A Figura 3.15 mostra a localização de cada uma das ARINEs e o que é, de fato, a área do SHTq II que ainda necessita ser regularizada. A estratégia de regularização fundiária do PDOT possui o objetivo de atender à demanda habitacional voltada a públicos de faixas de renda diversas por meio da iniciativa pública, buscando, de acordo com o art. 134 do PDOT:

- I. *A oferta de áreas em diferentes partes do território;*
- II. *A proximidade com núcleos urbanos consolidados onde haja oferta de serviços, comércios e equipamentos comunitários;*
- III. *A proximidade com os principais corredores de transporte;*
- IV. *O respeito à capacidade de suporte do território, no que se refere ao abastecimento de água, esgotamento sanitário e drenagem de águas pluviais.*

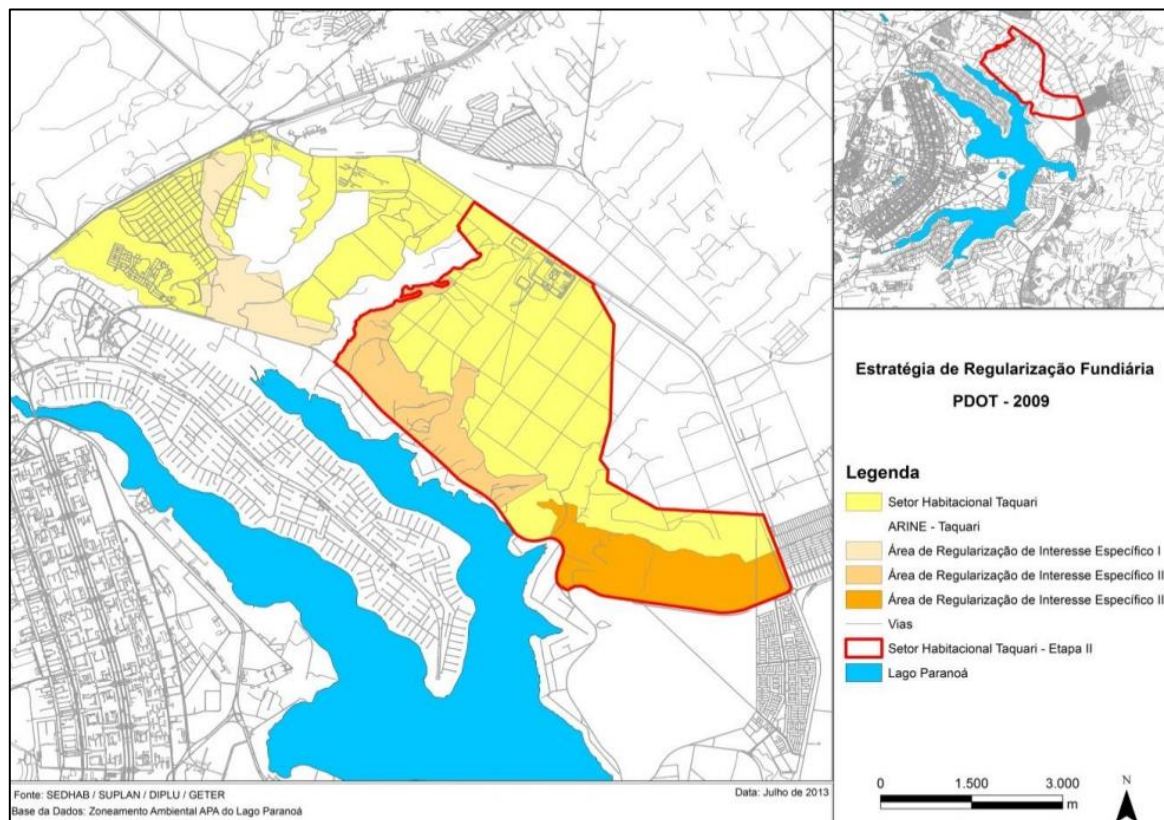


Figura 3.15. Estratégia de Regularização Fundiária PDOT.

Fonte: GDF (2013)

De acordo com o PDOT, o SHTq II será enquadrado como uma região com densidade demográfica baixa, fixando como referência valores entre a 15 (quinze) até 50 (cinquenta) habitantes por hectare (ha). A população máxima prevista é de 104.703 habitantes, considerando uma média de 3,3 moradores por domicílio apurada para o Distrito Federal (IBGE, 2010), o número total de unidades habitacionais resulta em 31.728 (GDF, 2013).

4. METODOLOGIA

4.1. ESCOLHA DA ÁREA DE ESTUDO

A área escolhida para estudo e caracterização foi selecionada considerando-se a representatividade com relação ao Setor Habitacional Taquari, de modo que fosse possível encontrar todos os tipos pedológicos de solo em uma área de menores dimensões que permitisse a coleta de amostras e a análise em tempo hábil. Posteriormente, considerando que as texturas de solo para um mesmo tipo pedológico de solo são semelhantes, seria possível espacializar os parâmetros geotécnicos encontrados na área de detalhe e estimar as propriedades dos tipos de solo de todo o SHTq.

Desse modo, por comportar todos os tipos pedológicos de solo do SHTq em uma área de aproximadamente 7 km², com exceção da unidade de Neossolo Quartzarênico [RQd1], que possuem uma ocupação mínima na área, não possuindo representatividade. A área de detalhe representada na Figura 4.1 foi escolhida para realização da caracterização. O mapa pedológico na escala de detalhe foi gerado por Oliveira (2018), ajustando os polígonos originais (escala 1:50.000 – ZEE) a partir da topografia e geomorfologia do terreno.

Para cada grupo de solo dentro da área de estudo foram escolhidos pontos para a realização de ensaios de permeabilidade utilizando o Permeâmetro Guelph e a coleta de amostras para posterior realização de ensaios de caracterização geotécnica em laboratório.

a) Representatividade

O primeiro critério utilizado para a escolha dos pontos é a representatividade. De acordo com (MARJORIBANKS, 2010), as observações não devem ser feitas de forma aleatória e tampouco realizadas em uma grade regular de acordo com um padrão de busca. Em vez disso, os pontos devem ser coletados da maneira mais eficiente com a finalidade de provar ou contradizer as hipóteses assumidas inicialmente. No caso deste projeto, o ponto de partida para a escolha dos pontos de coleta são as unidades pedológicas.

b) Áreas públicas e privadas

O segundo critério importante a ser observado na determinação dos pontos é a utilização da propriedade. Áreas particulares, como condomínios ou a área do exército que existem na região, requerem autorização prévia para realização da amostragem e, além disso, apresentam risco de proibição de entrada por parte do dono da propriedade. Portanto, as áreas particulares foram evitadas na escolha dos pontos.

Apesar disso, área pedológica referente aos Gleissolos encontra-se em um condomínio fechado, próximo à margem do Lago Paranoá. Nesse caso, o acesso ao condomínio foi

Caracterização geotécnica de solos na região do Taquari-DF

4. Metodologia

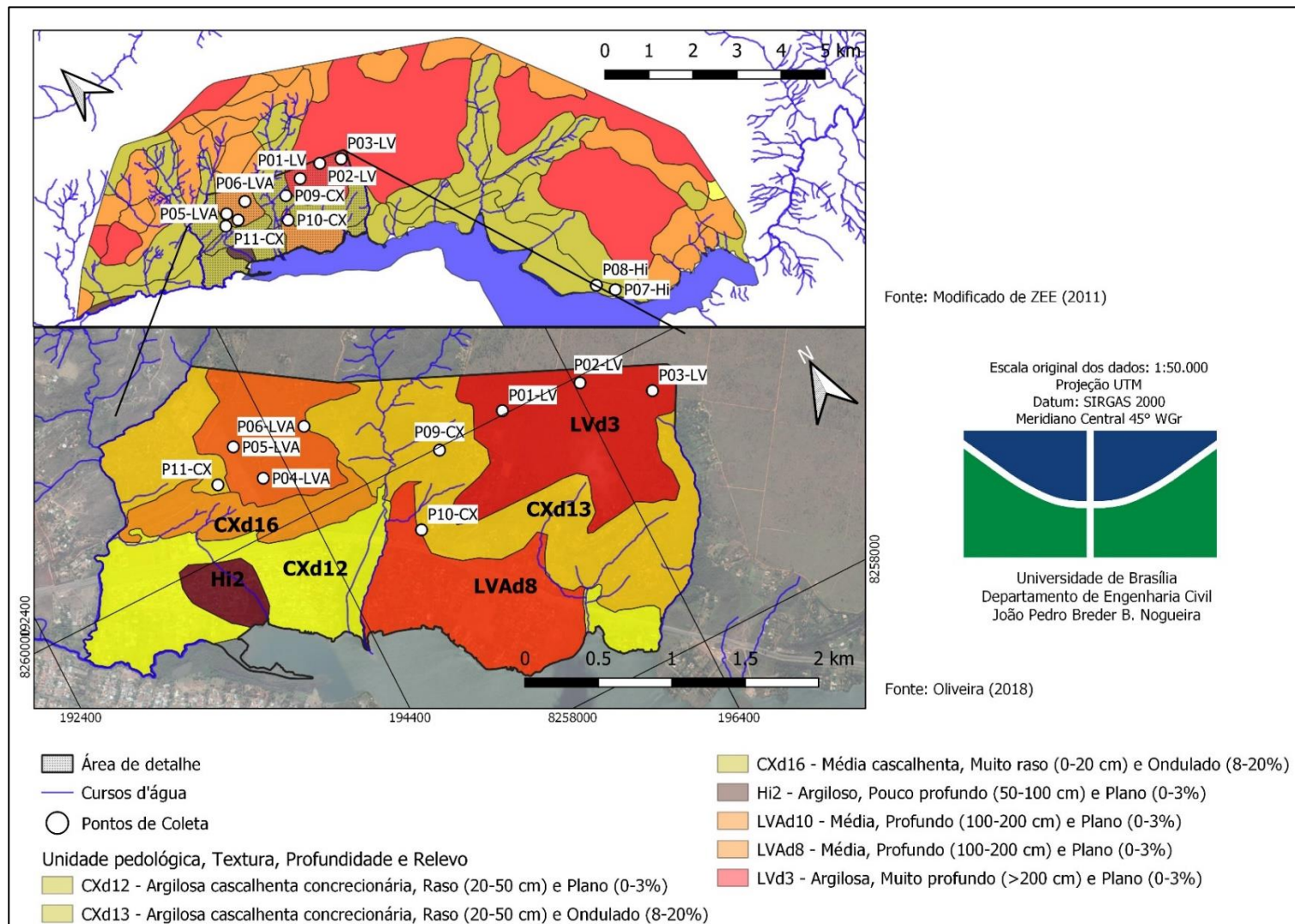


Figura 4.1. Área de detalhe na região do Taquari e os pontos de coleta de amostra.

Fonte: Modificado de (ZEE, 2011) e Oliveira (2018)

solicitado e o síndico do condomínio, de maneira bastante atenciosa, permitiu a entrada no local. Entretanto, nas investigações da área não foram identificadas camadas superficiais de Gleissolo, como descrito no mapa pedológico, provavelmente devido à ação antrópica de aterramento do terreno para a construção de casas. Desse modo, os pontos de coleta desse tipo de solo foram alterados para os pontos indicados no mapa, apenas para fins didáticos de caracterização (P07-Hi e P08-Hi - Figura 4.1).

c) Proximidade da rodovia

Com a finalidade de facilitar a coleta de amostras, a proximidade da malha viária foi considerada como um quesito importante para a determinação dos pontos de amostragem, já que a acessibilidade será melhor quando comparada com um local onde não seja possível transitar com um veículo.

d) Vegetação

A vegetação foi considerada por motivos acessibilidade, já que a maioria dos locais onde serão coletadas amostras são regiões não urbanizadas onde há presença de vida silvestre nativa e, em algumas partes, de vegetação densa. Além disso, para a extração de amostras seria necessário remover toda a camada de vegetação superficial, o que geraria impactos negativos, visto que a retirada da cobertura vegetal pode acarretar em processos erosivos.

4.2. COLETA DE AMOSTRAS

Para as unidades pedológicas LV, LVA e CX, foram coletadas amostras em três pontos, onde também foram realizados os ensaios de permeabilidade Guelph. Quanto aos Gleissolos, inicialmente seriam coletados três pontos de amostras na unidade da área de detalhe, entretanto, ao realizar as investigações no local, não foram encontrados perfis típicos de gleissolo no local, provavelmente devido à presença de um condomínio residencial no local, que pode ter aterrado os terrenos para a construção de casas. Para as finalidades de caracterização, as amostras de Gleissolo foram coletadas em uma pequena zona com perfis desse tipo de solo, descritas por Oliveira (2018). Os pontos de coleta das amostras estão representados no mapa da Figura 4.1 com suas respectivas coordenadas na Tabela 4.1.

Tabela 4.1. Localização dos pontos de coleta de amostras

Ponto	Tipo de Solo	Coordenadas UTM (Zona 23L)
P01-LV	Latossolo Vermelho	0195884L 8260027N
P02-LV	Latossolo Vermelho	0196442L 8259956N
P03-LV	Latossolo Vermelho	0196858L 8259684N

Caracterização geotécnica de solos na região do Taquari-DF

4. Metodologia

Ponto	Tipo de Solo	Coordenadas UTM (Zona 23L)
P04-LVA	Latossolo Vermelho-Amarelo	0194222L 8260357N
P05-LVA	Latossolo Vermelho-Amarelo	0194137L 8260640N
P06-LVA	Latossolo Vermelho-Amarelo	0194630L 8260546N
P07-Hi	Gleissolo	0199161L 8253179N
P08-Hi	Gleissolo	0198927L 8253556N
P09-CX	Cambissolo	0195380L 8259982N
P10-CX	Cambissolo	0190524L 8259553N
P11-CX	Cambissolo	0193926L 8260457N

As amostras foram coletadas utilizando pá e enxada, considerando os ensaios de laboratório realizados com amostras deformadas, de modo que, para esses ensaios específicos, as características *in situ* não são relevantes para a caracterização. Como forma de garantir que o solo amostrado não possui uma camada orgânica, os primeiros 15 cm do horizonte superficial foram desprezados.

No furo em que foi realizado o ensaio de permeabilidade Guelph, foram também coletadas as amostras para os ensaios de laboratório. Vale lembrar que, mesmo que o solo no ponto de coleta do furo esteja saturado pelo ensaio de permeabilidade, não há interferência nos ensaios de laboratório, tendo em mente que a norma exige uma preparação prévia da amostra como explicado no item 4.4.2.1.

4.3. RESUMO DE ATIVIDADES

Tendo em mente que este é um projeto de caracterização e, portanto, predominantemente experimental, o ponto de partida foi as visitas a campo, onde foram realizados tanto ensaios *in situ* como a extração de amostras para posterior análise em laboratório.

No campo foram realizados ensaios de permeabilidade Guelph e, no momento de extração das amostras, foi feita uma caracterização tátil visual levando em consideração cor, textura e uma granulometria estimada.

Os ensaios a serem realizados em laboratório não exigem amostras de solo indeformadas e, portanto, por motivos de praticidade, as amostras foram recolhidas com o auxílio de pá e enxada, removendo a cobertura orgânica da camada superficial de solo. As amostras foram extraídas, armazenadas em sacos plásticos e transportadas ao laboratório para a realização dos ensaios.

Os procedimentos dos ensaios de campo estão descritos a seguir, no item 4.4.1 enquanto que os ensaios de laboratório estão descritos no item 4.4.2.

Com a finalidade de estruturação das etapas de pesquisa, foi confeccionado um fluxograma (Figura 4.2) para facilitar a visualização e organização das atividades.

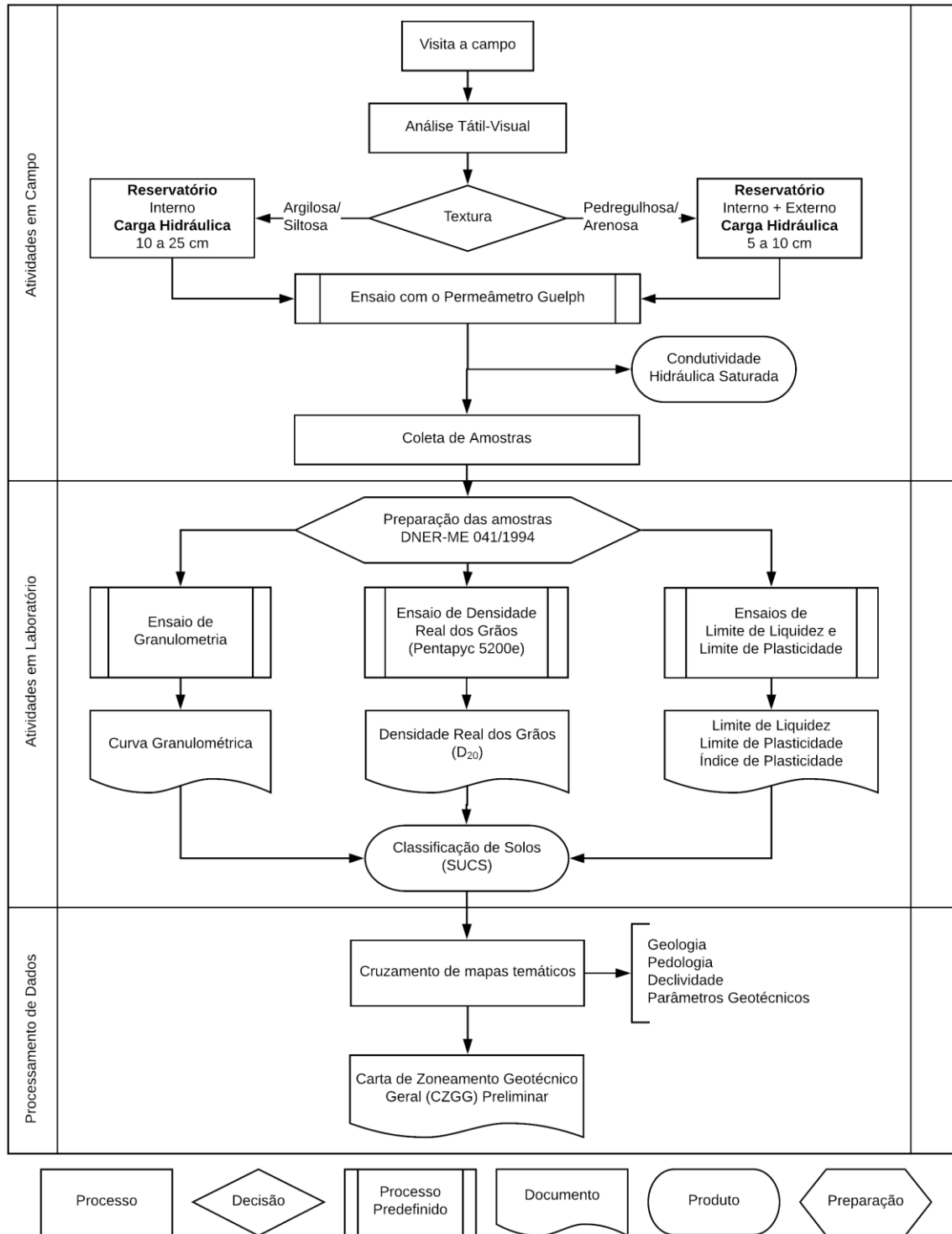


Figura 4.2. Fluxograma de atividades realizadas

4.4. ENSAIOS GEOTÉCNICOS

Os ensaios geotécnicos utilizados neste trabalho incluem ensaios de campo e de laboratório, sendo que, para a caracterização em laboratório, o procedimento a ser utilizado foi regido pelas normas do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER). Optou-se por esta metodologia tendo em vista que os procedimentos adotados pelo DNER são abertos ao público, sem haver a necessidade de adquirir os documentos. Além disso, ambos os métodos de ensaio são muito semelhantes aos descritos nas NBR da Agência Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e são comumente aceitos.

4.4.1. ATIVIDADES EM CAMPO

4.4.1.1. ENSAIO DE PERMEABILIDADE GUELPH

O permeâmetro Guelph é um aparelho que foi desenvolvido em 1983 por Reynolds e Elrick, sendo aperfeiçoado em 1985, na *University of Guelph*, Canadá. Este equipamento é utilizado para calcular a permeabilidade hidráulica do solo por um método de ensaio com carga constante. Para que o ensaio possa ser realizado, deve-se formar um bulbo de saturação no solo, conforme ilustra a Figura 4.3.

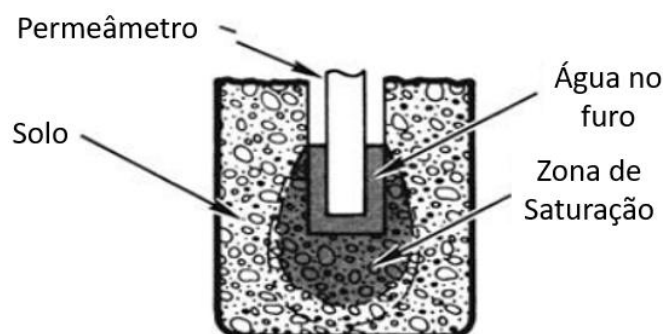


Figura 4.3. Bulbo de saturação ao redor do tubo do permeâmetro.

Fonte: Adaptado de Soil Moisture (2008)

Antes de iniciar o ensaio, limpou-se a área onde o aparelho foi colocado, um orifício no solo com uma profundidade de aproximadamente 30 cm foi aberto e o fundo foi nivelado. O aparelho foi nivelado e montado com o tubo apoiado no solo do fundo do orifício. Em casos de profundidades maiores, foi possível apoiar o tubo diretamente no solo do fundo do orifício sem o auxílio do tripé e utilizando o casquilho de borracha, como mostra a Figura 4.4.

O solo removido foi analisado por análise tátil visual. Quando se tratava de uma areia, tipo de solo bem drenado, foi utilizada uma carga hidráulica menor (recomenda-se entre 5 e 10 cm) e os reservatórios interno e externo do aparelho foram utilizados simultaneamente para que a velocidade de queda não fosse alta e a leitura do equipamento pudesse ser viabilizada. Quando se tratava de argilas, solos mal drenados, uma carga hidráulica maior foi utilizada (entre 10 e

25 cm) para que o ensaio pudesse ser realizado em tempo viável e apenas o tubo interno foi utilizado.

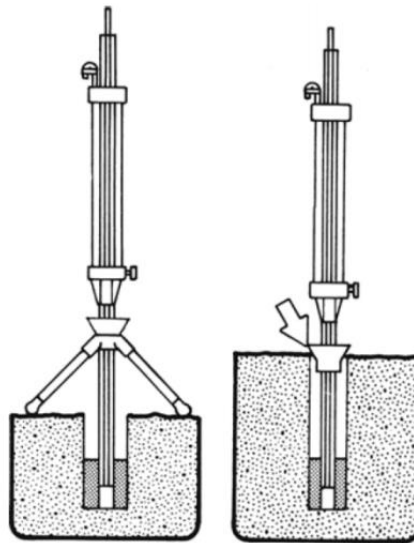


Figura 4.4. Apoio do permeâmetro no solo com e sem a utilização de tripé.

Fonte: Soil Moisture (2008)

Após montar o equipamento e apoiá-lo no solo já nivelado, os reservatórios foram preenchidos com água, para isso, colocou-se a válvula de controle para cima (Figura 4.6a), indicando que os dois reservatórios estão conectados e então a água foi colocada. Em seguida, fechou-se as entradas de ar localizadas na parte superior do equipamento, lacrando o tubo de vácuo e tampando a entrada de água como ilustra a Figura 4.5.

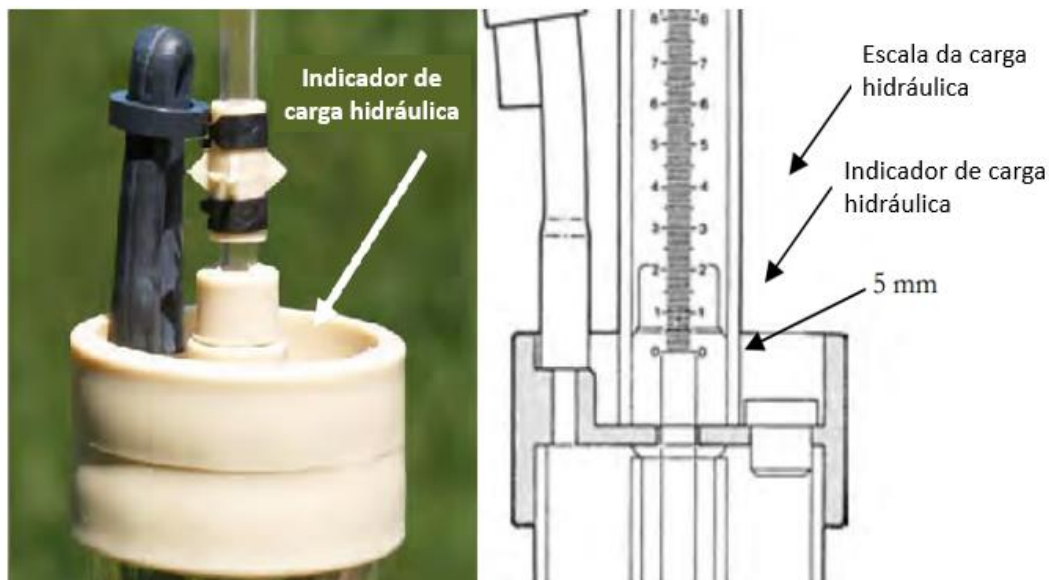


Figura 4.5. Vedação das entradas de ar para permitir uma carga hidráulica constante.

Fonte: Adaptado de Soil Moisture (2008)

Realizados os procedimentos descritos acima, o aparelho está pronto para o início do ensaio. Anota-se o valor do nível de água presente no reservatório como sendo o valor de referência para as medições subsequentes. Para iniciar o ensaio, basta levantar o tubo de ar

Caracterização geotécnica de solos na região do Taquari-DF

4. Metodologia

superior para estabelecer a carga que será aplicada. O Manual de utilização do permeâmetro Guelph (SOIL MOISTURE, 2008) explica que este procedimento deve ser realizado lentamente, visto que um levantamento rápido do tubo pode gerar turbulências e erodir o solo no fundo do orifício, além disso, pode acontecer um efeito denominado *surging effect*¹ que pode causar uma inundação temporária no orifício. Conforme mencionado anteriormente, para solos arenosos deve-se usar ambos os reservatórios e aplicar uma carga hidráulica entre 5 e 10 cm, já para solos argilosos, deve-se utilizar apenas o reservatório interno e aplicar uma carga entre 10 e 25 cm.

Ao ser aplicada a carga hidráulica por meio do levantamento do tubo de ar superior, o ensaio se inicia, liberando a água que está no reservatório para o solo. As medições devem ser realizadas em intervalos regulares de tempo, que podem variar de acordo com o tipo de solo, a queda da coluna d'água até que seja encontrado uma taxa de queda constante (R), o que indica que o bulbo de saturação foi formado e pode-se calcular o coeficiente de permeabilidade do solo (k). Nos casos em que apenas o reservatório interno for utilizado (Figura 4.6b) e seja necessário continuar o ensaio, pode-se utilizar a água do reservatório externo para reabastecer o reservatório interno, para isso, basta colocar a válvula com a abertura para a esquerda, em seguida, anota-se o novo valor inicial da coluna d'água e reinicia-se o procedimento.

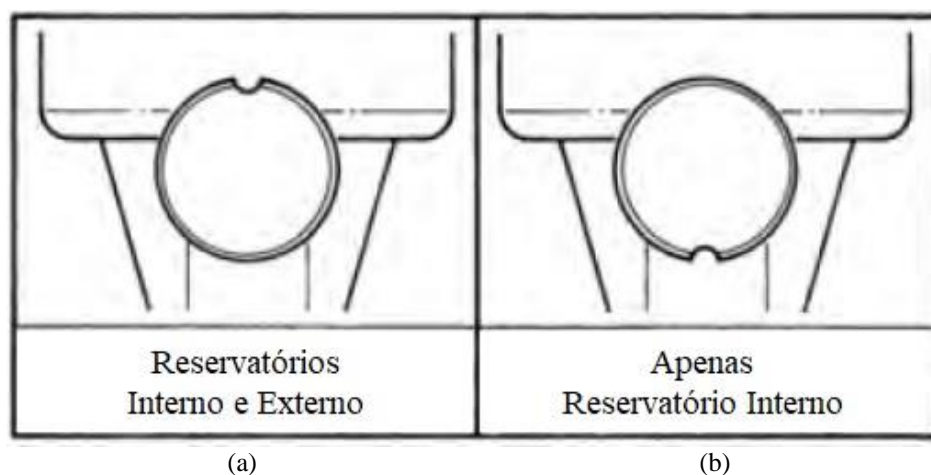


Figura 4.6. Posição do comando na definição do reservatório
Fonte: Modificado de Soil Moisture (2008)

Para determinar o coeficiente de permeabilidade, deve-se primeiramente calcular o fator de forma (C), que está relacionado ao tipo de solo, altura da coluna d'água e ao raio do tubo utilizado. Além disso, o manual do aparelho apresenta o fator de capilaridade microscópica (α^*) que é determinado em campo pela análise visual e textura do tipo de solo. As equações que foram utilizadas estão listadas na Tabela 4.2.

¹ Uma rápida elevação da carga hidráulica que gera um grande fluxo de água, de maneira que a água não percola com velocidade suficiente para ser drenada pelo solo, gerando um alagamento temporário do orifício.

Tabela 4.2. Cálculo do fator de forma e do coeficiente α^* .

Tipo de Solo	α^* (cm ⁻¹)	Fator de Forma
Argilas compactadas (aterros, liners, sedimentos lacustres e marinhos)	0,01	$C = \left(\frac{H/a}{2,102 + 0,118 H/a} \right)^{0,688}$
Solos de textura fina, principalmente sem macroporos e fissuras	0,04	$C = \left(\frac{H/a}{1,992 + 0,091 H/a} \right)^{0,688}$
Argilas até areias finas com alta e moderada quantidade de macroporos e fissuras. A categoria mais comumente utilizada para solos agrícolas	0,12	$C = \left(\frac{H/a}{2,074 + 0,093 H/a} \right)^{0,784}$
Areias grossas, incluindo solos com macroporos e fissuras	0,36	$C = \left(\frac{H/a}{2,074 + 0,093 H/a} \right)^{0,784}$

Fonte: Adaptado de Soil Moisture (2008)

Onde:

C – Fator de Forma

H – Altura da carga hidráulica (cm)

a – diâmetro do orifício aberto por trado no solo (cm).

Após calcular o fator de forma, calcula-se o valor da vazão de água no solo, que é dada pela equação (4.1):

$$Q = R \times A \quad (4.1)$$

Onde:

Q – Vazão de água no solo, em cm³/s

R – Taxa de queda constante, em cm/s

A – Área da seção do reservatório utilizado ($A_{i+e} = 35,22 \text{ cm}^2$ e $A_i = 2,16 \text{ cm}^2$)²

Substituindo os valores encontrados para a vazão e coeficiente de forma na equação (4.2), obtêm-se o valor da permeabilidade hidráulica (k_s em cm/s) do solo e utilizando-se a equação (4.3) obtêm-se o potencial de fluxo matricial (ϕ_m em cm²/s).

$$k_s = \frac{C \times Q}{\left(2\pi H^2 + \pi a^2 C + \frac{2\pi H}{\alpha^*} \right)} \quad (4.2)$$

² A_{i+e} – Área dos reservatórios interno e externo combinados A_i – Área do reservatório interno

$$\phi_m = \frac{C \times Q}{(2\pi H^2 + \pi a^2 C) \alpha^* + 2\pi H} \quad (4.3)$$

Onde:

C – Fator de forma;

Q – Vazão de água no solo, em cm³/s;

H – Altura da carga hidráulica, em cm;

a – Diâmetro do orifício aberto por trado no solo, em cm;

α^* - Fator de capilaridade microscópica, em cm⁻¹;

Caso seja possível realizar o ensaio com duas cargas diferentes no mesmo ponto, o método de duas cargas pode ser utilizado e garantir uma precisão de medição maior, já que não é necessário estimar o valor de α^* . Para isso, utilizam-se as seguintes equações (4.4) a (4.7):

$$G_1 = \frac{H_2 C_1}{\pi (2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))} \quad (4.4)$$

$$G_2 = \frac{H_1 C_2}{\pi (2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}$$

$$K_{fs} = G_2 Q_2 - G_1 Q_1 \quad (4.5)$$

$$G_3 = \frac{(2H_2^2 + a^2 C_2) C_1}{2\pi (2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))} \quad (4.6)$$

$$G_4 = \frac{(2H_1^2 + a^2 C_1) C_2}{2\pi (2H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1))}$$

$$\phi_m = G_3 Q_1 - G_4 Q_2 \quad (4.7)$$

É possível observar que o valor da permeabilidade deixa de estar relacionado ao parâmetro α^* quando se utilizar o método de duas cargas. Portanto, este método apresenta uma precisão maior, tendo em vista que o parâmetro α^* é escolhido arbitrariamente de acordo com a percepção de quem estiver realizando o ensaio e pode, por consequência, gerar incertezas. Desse modo, os ensaios de granulometria que serão feitos servirão de parâmetro para escolher os valores de α^* a serem utilizados nos cálculos. Apesar disso, o Fator de Forma (C) continua variando dependendo da categoria de textura/estrutura do solo.

Cabe ressaltar ainda que o ensaio de permeabilidade com o Permeâmetro Guelph mede a condutividade hidráulica saturada de solos *in situ*, possuindo comportamento diferente das amostras deformadas que são levadas para ensaios de permeabilidade em laboratório.

4.4.2. ATIVIDADES EM LABORATÓRIO

Os ensaios de caracterização realizados em laboratório levaram em consideração a relevância das informações obtidas para a caracterização geotécnica do solo de acordo com a metodologia do SUCS, desse modo, foram escolhidos os seguintes ensaios: granulometria, limites de liquidez e plasticidade e densidade real dos grãos de solo.

4.4.2.1. PREPARAÇÃO DE AMOSTRAS

Para a preparação das amostras para os ensaios de granulometria, limites de liquidez e plasticidade, densidade real e umidade higroscópica, utilizou-se as diretrizes propostas na DNER-ME 041/1994. O solo foi previamente seco ao ar ou utilizando aparelho secador, não excedendo o limite 60°C imposto pela norma. O solo foi desagregado com o auxílio de almofariz e mão de gral (Figura 4.7). No caso dos solos mais pedregulhosos, a amostra foi reduzida com o repartidor de amostras até se obter uma amostra representativa para os ensaios a serem realizados (cerca de 1,5 kg para argilas e siltes e 2 kg para areias e pedregulhos).



Figura 4.7. Almofariz e Mão de Gral utilizados para o destorroamento

Em seguida a norma descreve as quantidades de solo a serem utilizadas para cada tipo de ensaio da seguinte maneira:

- **Granulometria, Umidade e Densidade dos grãos**

A parte da amostra obtida que ficou retida na peneira de 2,0 mm foi lavada e seca em estufa até a constância de massa para obtenção da granulometria de frações de amostra maiores que 2,0 mm. Já as partículas que passaram nessa peneira foram utilizadas do seguinte modo:

- 3 x 50g para o ensaio de umidade higroscópica;
- 70g (argilas) e 120g (areias e pedregulhos) para análise granulométrica por sedimentação de partículas menores que 2,0 mm;
- 3 x 25g para o ensaio de densidade dos grãos do solo com o Pentapyc 5200e.

- **Limites de liquidez e plasticidade**

Parte da porção que passou na peneira de 0,42 mm foi utilizada, sendo que cerca de 70g foram utilizados para o ensaio de limite de liquidez e 50g para o ensaio de limite de plasticidade.

4.4.2.2. ENSAIO DE GRANULOMETRIA

O modo de representação utilizado para descrever a granulometria de um solo é a curva granulométrica (Figura 4.8). Nela é representada a porcentagem de partículas que passam (eixo das ordenadas) por um determinado diâmetro, sendo que a porcentagem dos grãos que passam até diâmetro de 0,074 mm é determinada por peneiramento e a parte mais fina é determinada pelo ensaio de sedimentação, desse modo, é possível determinar a quantidade de grãos finos e grossos de uma amostra de solo e a sua graduação. O método de ensaio de granulometria que foi utilizado para as amostras do presente trabalho é regido pela norma DNER-ME 051/1994.

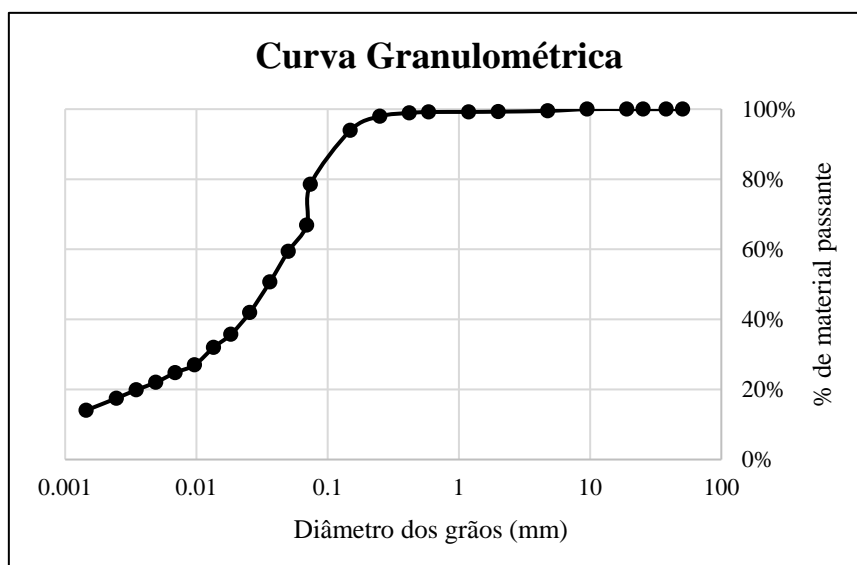


Figura 4.8. Exemplo de curva granulométrica.

Para a realização dos cálculos dos ensaios de sedimentação, a quantidade de material em suspensão foi calculada utilizando a equação (4.8) e o diâmetro dos grãos em suspensão foi calculada pela equação de Stokes (4.9)

$$Q = N \times \frac{\delta}{\delta - \delta_w} \times \frac{V(L_d - L_c)}{M_s} \quad (4.8)$$

Onde,

Q – Porcentagem de solo em suspensão no momento da leitura do densímetro

N – Porcentagem do material que passa na peneira de 2,0 mm

δ – Massa específica dos grãos de solo, em g/cm³

δ_d – Massa específica do meio dispersor, à temperatura do ensaio*, em g/cm³

V – Volume da suspensão, em cm³

δ_c – Massa específica da água, à temperatura de calibração do densímetro (20°C), em g/cm³

L_d – Leitura do densímetro na suspensão

L_c – Leitura do densímetro no meio dispersor, na temperatura da suspensão*

M – Massa do material seco submetido à sedimentação, em g

$$d = \sqrt{\frac{1800\eta}{\delta - \delta_d} \times \frac{a}{t}} \quad (4.9)$$

Onde,

d – Diâmetro máximo das partículas, em mm

η – Coeficiente de viscosidade do meio dispersor, à temperatura do ensaio, em g.s/cm²

a – Altura de queda das partículas, correspondente à leitura do densímetro*

t – Tempo de sedimentação, em s

δ – Massa específica dos grãos do solo, em g/cm³

δ_d – Massa específica do meio dispersor, à temperatura do ensaio*, em g/cm³

* Para estes valores, o laboratório de geotecnia da UnB calibra os densímetros, criando uma curva de calibração conforme sugerido na NBR 7181/1984. As curvas de calibração de cada um dos densímetros utilizados encontram-se no Apêndice II, com os relatórios de sedimentação.

As planilhas de cálculos completas encontram-se no Apêndice I.

4.4.2.3. ENSAIO DE DENSIDADE REAL

A densidade dos grãos do solo é um parâmetro comumente utilizado para calcular propriedades físicas do solo, porém, não permite a caracterização do tipo de solo por si só. A densidade real dos grãos de solo é a relação entre a densidade das partículas sólidas e a densidade da água a 4°C (1 g/cm³), sendo assim, um parâmetro adimensional, porém com valor igual à densidade das partículas sólidas.

Para o cálculo deste parâmetro, foi utilizado o Pentapyc 5200e da Quantachrome Instruments (Figura 4.9), que é um leitor de densidade automático. Este aparelho opera utilizando os princípios da lei de gases ideais, que, de forma bastante simplificada, equaciona que um determinado número de moléculas de um gás ideal possui uma relação PV/T constante.



Figura 4.9. Pentapyc 5200e da Quantachrome Instruments

Desse modo, de acordo com o manual do fabricante³, uma câmara selada de volume conhecido com uma amostra é pressurizada até uma pressão específica com o gás utilizado. Assim que estabilizada, o valor de pressão é gravado. Então, uma válvula é aberta, permitindo que o gás expanda dentro de uma cápsula de referência com volume também conhecido. Assim que estabilizada, o valor da segunda pressão também é gravado. A taxa de queda da pressão é então comparada ao comportamento do sistema quando um volume padrão conhecido passou pelo mesmo procedimento. Como a mensuração depende apenas das taxas de queda de pressão, não há necessidade de calibração dos medidores de pressão. (QUANTACHROME INSTRUMENTS, 2018).

A massa das amostras é calculada e inserida no aparelho, que, após calcular os volumes pelo procedimento descrito acima, imprime um relatório da análise com os valores de densidade encontrados. Com o objetivo de obter resultados com uma maior segurança, foram executadas três análises para cada ponto e, os valores de resultados obtidos que se distanciaram mais de 0,02 g/cm³ da média foram desconsiderados no cálculo.

Seguindo uma recomendação pertinente descrita na norma DNER-ME 093, os valores de densidade real (D_t) foram padronizados para a temperatura de 20°C (D_{20}), multiplicando-se o valor encontrado para a temperatura do ensaio por um coeficiente k_{20} que é uma relação entre a densidade da água a 20°C e à temperatura do ensaio (Figura 4.10), como mostrado na equação (4.10).

$$D_{20} = D_t \times k_{20} \quad (4.10)$$

³ Disponível em http://www.quantachrome.com/pdf_brochures/07171_Gas_Pyc.pdf, acessado em 16 de junho de 2018.

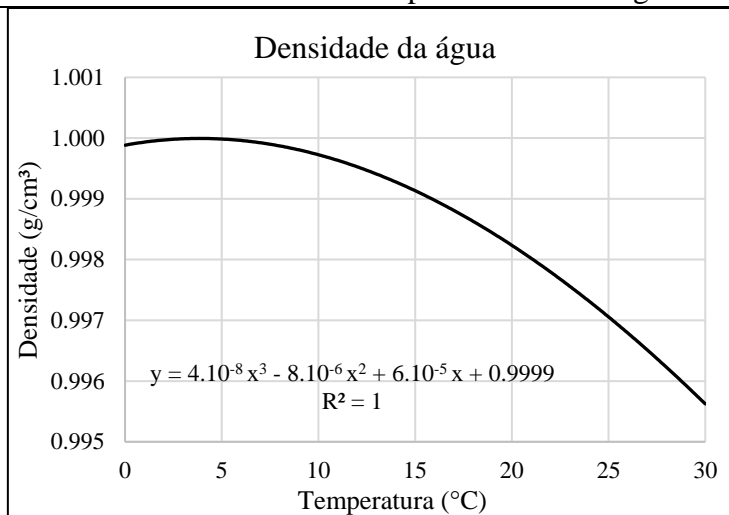


Figura 4.10. Gráfico de densidade da água em função da temperatura
Fonte: Adaptado da norma DNER-ME 093

Os relatórios gerados pelas análises do aparelho encontram-se no Apêndice II.

4.4.2.4. ENSAIO DE LIMITE DE LIQUIDEZ

O limite de liquidez é definido como a umidade do solo quando as bordas inferiores de uma canelura de 1 cm de solo se fecham em exatamente 25 golpes da concha de Casagrande (Figura 4.11). Para a realização do ensaio, a norma DNER-ME 122/1994 explica que é necessário adicionar água ao solo até que ele atinja um aspecto plástico, colocá-lo na concha de Casagrande e em seguida abrir uma canelura de 1 cm com o auxílio de um cinzel. O aparelho foi ligado e o número de golpes necessários para fechar a canelura nesse ponto inicial deveria ser próximo a 35 e a umidade dessa amostra foi anotada. Conforme recomendado pela norma, as umidades de mais três pontos que estivessem nos intervalos de 15-25, 20-30 e 25-35 golpes foram calculadas. Com esses dados, foram criadas as curvas de fluidez (com o eixo x representando a umidade e o eixo y representando o número de golpes em escala logarítmica) e a umidade referente aos 25 golpes nesta reta representa o limite de liquidez do solo.



Figura 4.11. Concha de Casagrande.

A DNER-ME 082/1994 (Limite de plasticidade) sugere que, quando o solo for muito arenoso, deve-se realizar primeiramente o ensaio de limite de plasticidade, de forma que caso esse valor não possa ser encontrado, o solo deve ser classificado como não plástico (NP).

4.4.2.5. ENSAIO DE LIMITE DE PLASTICIDADE

O método de determinação do limite de plasticidade descrito pela norma DNER 082/1994 consiste em tomar uma quantidade de amostra de solo, cerca de 50g, e adicionar água até obter uma massa plástica. Então, moldou-se um cilindro de cerca de 3 mm de diâmetro que em seguida foi repartido. O procedimento foi realizado repetidas vezes, sendo que em cada repetição, a amostra perdia uma pequena quantidade de água. No momento em que o cilindro foi rompido antes de atingir os 3 mm de diâmetro, três amostras do solo foram levadas à estufa para o cálculo de umidade. O limite de plasticidade foi o resultado da média das três umidades encontradas, desde que elas não apresentassem 5% de diferença entre si.

4.5. ELABORAÇÃO DAS CARTAS GEOTÉCNICAS

Após a coleta de todos os dados de ensaios de campo e laboratório, foram elaboradas cartas geotécnicas que sintetizam os parâmetros encontrados para os tipos de solo classificados inicialmente quanto à sua pedologia.

Para a criação das cartas foi utilizado o software *QGIS*, que é gratuito e possui código aberto, ou seja, permite que diversos usuários criem complementos para a utilização do programa como por exemplo ferramentas que facilitem a criação de mapas ou que permitam que imagens de satélite sejam facilmente adicionadas ao modelo georreferenciado utilizando bancos de dados como *Google Earth* e as imagens de satélite do *Google Maps*, utilizando a ferramenta *Web Map Service* (Serviço de Mapas da Internet) do software utilizado.

Os parâmetros obtidos em laboratório (textura do solo, limites de liquidez e plasticidade, índice de plasticidade, etc.) foram inseridos nos dados vetoriais de cada um dos pontos amostrados. Então foram atribuídas faixas de valores dos parâmetros geotécnicos para cada tipo de solo pedológico amostrado.

No *QGIS*, foram carregados os arquivos vetoriais temáticos (formato utilizado na maioria dos SIG) do mapa pedológico na escala de 1:100.000 criado por Reatto, *et. al.* (2004) e do mapa geológico de Freitas-Silva & Campos (1998), ambos ajustados aos limites geomorfológicos por Oliveira (2018) com base em trabalhos de campo e na declividade fornecidos pelo autor. Por fim, os planos de interseção supracitados foram cruzados, gerando unidades geotécnicas gerais preliminares nomeadas de G1 a G4.

A partir dos ensaios realizados nas camadas superficiais do terreno, que geram dados para o mapa de materiais inconsolidados (nível hierárquico II - Tabela 4.3), é possível criar

cartas derivadas e interpretativas (nível hierárquico III - Tabela 4.3), que permite análises mais completas para a tomada de decisão no processo de planejamento urbano. A Tabela 4.6 apresenta as cartas derivadas (ou interpretativas) que podem ser elaboradas a partir dos parâmetros obtidos por este trabalho e aplicadas à tomada de decisão no processo de planejamento urbano.

Para a análise de erodibilidade, foi utilizado o sistema de classificação utilizado por Oliveira (2018) apud. Silva e Oliveira (2015), que relaciona a classe pedológica e a declividade do terreno para classificar o nível de erodibilidade. Esse sistema está descrito nas Tabela 4.4 e Tabela 4.5.

Tabela 4.3. Classificação hierárquica dos documentos cartográficos e seus correspondentes produtos.

Nível Hierárquico	Tipo de Documento	Documentos Cartográficos – Meio Físico
I	Fundamental básico – registra as características dos componentes dos meios físico, biológico e antrópico (socioeconômico) por meio da variação espacial dos atributos	Mapa de substrato rochoso, mapa de qualidade de águas, mapa de feições do terreno, mapa de materiais inconsolidados, carta de declividade, mapa das bacias hidrográficas, mapa de profundidade do nível da água, mapa das áreas úmidas, entre outros.
II	Fundamental de síntese – elaborado com objetivo de sintetizar as informações de uma região sem, no entanto, propiciar análises para fins específicos	Carta de zoneamento geotécnico geral (CZGG), mapa das condições geológico-geotécnicas (MCGG), carta de restrições
III	Carta derivada e interpretativa – produzida para uma condição pré-definida; reflete o resultado de uma análise, considerando as características de cada divisão da área em questão. Cada unidade delimitada neste documento é classificada quanto ao comportamento natural do meio diante de uma determinada situação de uso	Carta para fundações, carta das condições de drenabilidade, carta para escavabilidade, carta para erosividade e erodibilidade, carta de potencial de escoamento superficial e infiltração, carta de potencial agrícola, carta para irrigação, carta das zonas de recargas, carta para disposição de rejeitos e resíduos, carta de potencial a corrosividade, carta de potencial para estocagem subterrânea, carta para estradas, carta de potencial para minerais e materiais para construção civil
IV	Carta analítica básica – elaborada com base em um conjunto de informações sobre os componentes básicos de um meio, normalmente relacionados à avaliação da probabilidade (absoluta ou relativa) de ocorrência de um ou mais processos naturais	Carta da probabilidade de ocorrência de eventos naturais, carta das áreas degradadas, carta de diagnósticos de zonas degradadas, carta das possibilidades de ocorrência de eventos perigosos, carta de passivos ambientais, carta de potencial de erosão, carta das áreas sujeitas a eventos perigosos, cartas para gestão ambiental
V	Carta de prognósticos de risco, de problemas e limitações – montada considerando a interação de características dos componentes do meio ambiente	Carta de classificação de bacias hidrográficas quanto a problemas ambientais, carta com as áreas que apresentam restrições para um tipo de ocupação específico, carta de vulnerabilidade das águas, carta de zoneamento geoambiental, carta de riscos específicos e totais

Caracterização geotécnica de solos na região do Taquari-DF

4. Metodologia

Nível Hierárquico	Tipo de Documento	Documentos Cartográficos – Meio Físico
VI	Carta de procedimento – leva em conta a ocupação e o controle de riscos	Carta que retrata os procedimentos construtivos e os cuidados para implementar as formas de ocupação
VII	Carta de viabilidade (potencial) para os usuários – deve ter como base todas as informações do meio ambiente, considerando as relações entre os diferentes vetores de ocupação	Viabilidade para aeroportos, reservatórios (barragens), e captação de água, viabilidade para construções de residências, viabilidade para parques industriais, viabilidade para agropecuária e hortifrutigranjeiros, viabilidade para aterros sanitários, viabilidade para obras enterradas
VIII	Carta de orientações conclusivas – tem como objetivo permitir tomadas de decisões administrativas ou econômicas	Hierarquização das unidades considerando somente os atributos do meio físico, priorização das áreas para diferentes finalidades (específicas ou global)

Fonte: Zuquette & Gandolfi (2004)

Tabela 4.4. Grau de erodibilidade em função das classes pedológicas de solo.

Grau de Erodibilidade	Unidades Pedológicas
I – Muito Fraco	Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho Escuro e Vermelho Amarelo de Textura Argilosa, Solos Hidromórficos em Relevo Plano, Gleissolos. Planossolos, Organossolos, Neossolos Quartzarênico em Relevo Plano.
II – Fraco	Latossolo Amarelo e Vermelho Amarelo de Textura Média Argilosa; Terra Roxa Estruturada; Latossolo Vermelho Escuro.
III – Médio	Argissolos Vermelho Amarelo e Argissolo Vermelho Escuro, Textura Argilosa, Latossolo Vermelho Amarelo, Textura Argilosa e Média, Latossolo Vermelho Amarelo, Terra Bruna.
IV – Forte	Argissolo Vermelho Amarelo não abráptico, textura média - argilosa e média; Cambissolos; Argissolos Vermelho Amarelo de textura médio-arenosa. Plintossolos.
V – Muito Forte	Cambissolos, Neossolos Litólicos. Argissolos Vermelho Amarelo e Vermelho escuro abrápticos, textura arenosa-média; Neossolos Quartzarênicos em relevos suave-ondulado e ondulado.

Fonte: Oliveira (2018) apud. Silva e Oliveira (2015)

Tabela 4.5. Critério adotado na definição de classes de suscetibilidade a erosão laminar (SEL).

Erodibilidade	Declividade (%)				
	< 3	3 – 8	8 – 20	20 – 45	> 45
I	I	I	I	II	II
II	I	I	II	II	II
III	I	II	II	III	IV
IV	II	II	III	IV	V
V	II	III	IV	V	V

Fonte: Oliveira (2018) apud. Silva e Oliveira (2015)

Tabela 4.6. Relação entre parâmetros e as principais cartas geotécnicas derivadas

Tabela 10: Relação entre parâmetros e as principais cartas geotécnicas derivadas							
Carta de origem	Substrato Rochoso		Morfometria	Materiais Inconsolidados			
Parâmetro	Tipo rochoso/ grupo litológico	Profundidade/ espessura	Declividade	Varição em profundidade	Textura	Peso específico dos sólidos	Condutividade hidráulica
Carta para fundações		✓		✓	✓	✓	
Carta de potencial a erosão	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Carta para escavabilidade	✓	✓	✓	✓	✓		
Carta de potencial a ocupação agrícola		✓	✓	✓	✓		
Carta para disposição de resíduos	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Carta para estocagem subterrânea		✓	✓				
Carta de potencial a movimentos de massa gravitacionais			✓	✓	✓		✓
Carta de escoamento superficial e infiltração		✓	✓	✓	✓		✓
Carta para irrigação		✓	✓	✓	✓		✓
Carta de potencial a corrosividade				✓	✓		
Carta para estradas		✓	✓	✓	✓		✓
Carta de potencial mineral e de materiais para construção civil	✓	✓	✓		✓		
Carta de vulnerabilidade das águas subterrâneas		✓	✓	✓	✓		✓

Fonte: Modificado de (ZUQUETTE & GANDOLFI, 2004)

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. ENSAIOS GEOTÉCNICOS

5.1.1. PERMEABILIDADE GUELPH

Os dados obtidos nos ensaios de permeabilidade Guelph que foram realizados geraram tabelas muito extensas e, por este motivo, estas encontram-se no Anexo I deste trabalho. Apenas os resultados da medição foram apresentados a seguir para simplificar a apresentação, lembrando que, para o ensaio de permeabilidade Guelph, o ensaio é considerado como completo quando três valores iguais são obtidos de forma consecutiva. Desse modo, a Tabela 5.1 até a Tabela 5.4 apresentam os resultados de taxa de queda (R) para cada tipo de solo e a carga hidráulica utilizada em cada medição (H).

Tabela 5.1. Taxas de queda obtidas para os Latossolos Vermelhos

Ponto	Coordenadas (Zona 23L)	Reservatório	Dados			
			H ₁ (cm)	R ₁ (cm/s)	H ₂ (cm)	R ₂ (cm/s)
P01-LV	0195884L 8260027N	Interno + Externo	10	0,053	15	0,090
P02-LV	0196442L 8259956N	Interno + Externo	10	0,040	15	0,060
P03-LV	0196858L 8259684N	Interno + Externo	10	0,083	15	0,132

Tabela 5.2. Taxas de queda obtidas para os Latossolos Vermelho-Amarelos

Ponto	Coordenadas (Zona 23L)	Reservatório	Dados			
			H ₁ (cm)	R ₁ (cm/s)	H ₂ (cm)	R ₂ (cm/s)
P04-LVA	0194222L 8260357N	Interno + Externo	10	0,020	15	0,033
P05-LVA	0194137L 8260640N	Interno + Externo	10	0,040	15	0,060
P06-LVA	0194630L 8260546N	Interno + Externo	10	0,107	15	0,147

Tabela 5.3. Taxas de queda obtidas para os Gleissolos

Ponto	Coordenadas (Zona 23L)	Reservatório	Dados			
			H ₁ (cm)	R ₁ (cm/s)	H ₂ (cm)	R ₂ (cm/s)
P07-Hi	0199161L 8253179N	Interno	10	0,007	20	0,020
P08-Hi	0198927L 8253556N	Interno	15	0,267	20	0,467

Tabela 5.4. Taxas de queda obtidas para os Cambissolos

Ponto	Coordenadas (Zona 23L)	Reservatório	Dados			
			H ₁ (cm)	R ₁ (cm/s)	H ₂ (cm)	R ₂ (cm/s)
P09-CX	0195380L 8259982N	Interno + Externo	10	0,013	20	0,033
P10-CX	0195024L 8259553N	Interno + Externo	10	0,100	15	0,133
P11-CX	0193926L 8260457N	Interno + Externo	10	0,073	15	0,120

O cálculo da condutividade hidráulica (K_{fs}) foi feito para os dois métodos: o de carga única e o de duas cargas de acordo com as equações descritas no item 4.4.1.1 de modo que os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 5.5. É possível observar que os valores foram muito próximos nos três cálculos, mostrando que a coleta de dados foi bem-sucedida.

Tabela 5.5. Coeficientes de condutividade hidráulica e potencial de fluxo matricial.

Ponto	α^*	Fatores de Forma		Método Carga Única				Método Duas Cargas	
		C_1	C_2	K_{fs1} (cm/s)	Φ_{m1} (cm ² /s)	K_{fs2} (cm/s)	Φ_{m2} (cm ² /s)	K_{fs1-2} (cm/s)	Φ_{m1-2} (cm ² /s)
P01-LV	0,12	1,3	1,6	$2,1 \cdot 10^{-3}$	$1,7 \cdot 10^{-2}$	$2,3 \cdot 10^{-3}$	$1,9 \cdot 10^{-2}$	$3,0 \cdot 10^{-3}$	$6,7 \cdot 10^{-3}$
P02-LV	0,12	1,3	1,6	$1,5 \cdot 10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^{-2}$	$1,5 \cdot 10^{-3}$	$1,2 \cdot 10^{-2}$	$1,3 \cdot 10^{-3}$	$1,5 \cdot 10^{-2}$
P03-LV	0,12	1,3	1,6	$3,2 \cdot 10^{-3}$	$2,7 \cdot 10^{-2}$	$3,3 \cdot 10^{-3}$	$2,8 \cdot 10^{-2}$	$3,6 \cdot 10^{-3}$	$2,2 \cdot 10^{-2}$
P04-LVA	0,12	1,3	1,6	$7,7 \cdot 10^{-4}$	$6,4 \cdot 10^{-3}$	$8,3 \cdot 10^{-4}$	$6,9 \cdot 10^{-3}$	$1,1 \cdot 10^{-3}$	$3,3 \cdot 10^{-3}$
P05-LVA	0,12	1,3	1,6	$1,5 \cdot 10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^{-2}$	$1,5 \cdot 10^{-3}$	$1,2 \cdot 10^{-2}$	$1,3 \cdot 10^{-3}$	$1,5 \cdot 10^{-2}$
P06-LVA	0,04	1,3	1,6	$2,2 \cdot 10^{-3}$	$5,4 \cdot 10^{-2}$	$2,2 \cdot 10^{-3}$	$5,4 \cdot 10^{-2}$	$2,0 \cdot 10^{-3}$	$5,6 \cdot 10^{-2}$
P07-Hi	0,04	1,293	1,807	$1,7 \cdot 10^{-5}$	$4,2 \cdot 10^{-4}$	$1,8 \cdot 10^{-5}$	$4,6 \cdot 10^{-4}$	$2,4 \cdot 10^{-5}$	$3,4 \cdot 10^{-5}$
P08-Hi	0,04	1,635	1,439	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$6,2 \cdot 10^{-3}$	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$6,4 \cdot 10^{-3}$	$3,1 \cdot 10^{-4}$	$5,0 \cdot 10^{-3}$
P09-CX	0,36	1,301	1,908	$7,3 \cdot 10^{-4}$	$2,0 \cdot 10^{-3}$	$7,7 \cdot 10^{-4}$	$2,1 \cdot 10^{-3}$	$8,1 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$
P10-CX	0,36	1,301	1,589	$5,5 \cdot 10^{-3}$	$1,5 \cdot 10^{-2}$	$4,3 \cdot 10^{-3}$	$1,2 \cdot 10^{-2}$	$1,3 \cdot 10^{-3}$	$5,9 \cdot 10^{-2}$
P11-CX	0,36	1,301	1,589	$4,0 \cdot 10^{-3}$	$1,1 \cdot 10^{-2}$	$3,9 \cdot 10^{-3}$	$1,1 \cdot 10^{-2}$	$3,6 \cdot 10^{-3}$	$1,5 \cdot 10^{-2}$

► 10^{-3} cm/s
► 10^{-4} cm/s
► 10^{-5} cm/s

Utilizando a classificação descrita por Das e Sobran (2014) mostrada na Tabela 2.1, a textura do solo pode ser estimada de acordo com seus valores de condutividade hidráulica. Uma areia fina possui uma permeabilidade da ordem de 10^{-2} a 10^{-3} e uma argila com silte entre 10^{-3} e 10^{-5} . Sendo assim, baseado nos ensaios de permeabilidade Guelph, os Cambissolos e Gleissolos *in situ* possuem comportamentos semelhantes a solos com silte e argila enquanto que os Latossolos *in situ* se comportam na faixa de transição entre areias finas e argilas siltosas.

5.1.2. GRANULOMETRIA

Os ensaios de granulometria com defloculante para os Gleissolos geraram as curvas indicadas na

Figura 5.1. É possível perceber os resultados obtidos foram muito semelhantes. As porcentagens de cada textura de solo encontram-se na Tabela 5.6.

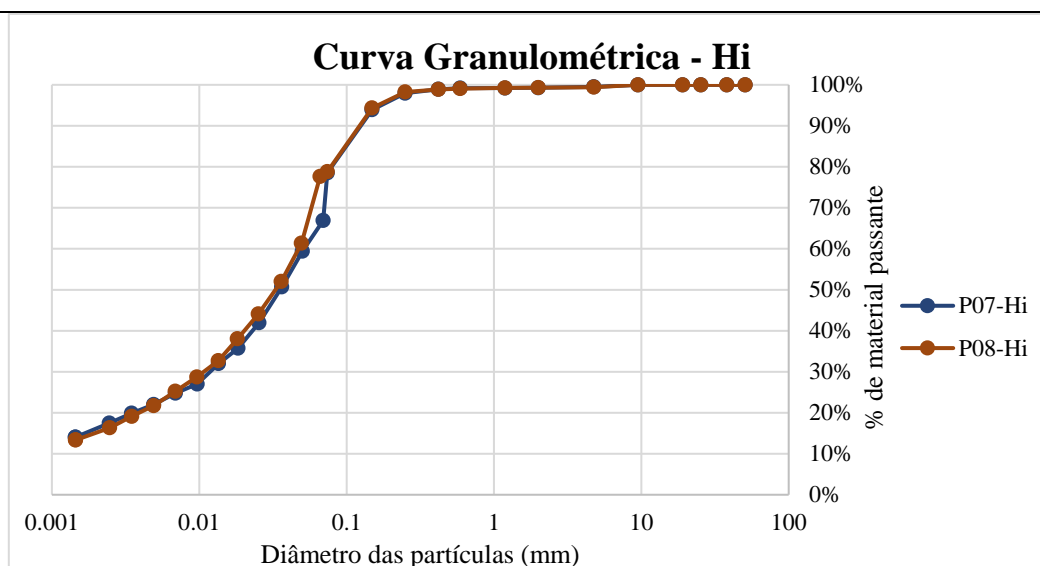


Figura 5.1. Curva Granulométrica com defloculante dos Hi

Tabela 5.6. Porcentagem de cada textura de solo nas amostras de Gleissolo

Amostra	Pedregulho	Areia Grossa	Areia Média	Areia Fina	Silte	Argila
P07-Hi	0,50%	0,21%	0,38%	20,39%	56,38%	22,15%
P08-Hi	0,57%	0,13%	0,42%	20,08%	56,91%	21,89%

Os ensaios de granulometria para os Cambissolos geraram as curvas granulométricas da Figura 5.2. É possível perceber que as amostras P09-CX e P10-CX possuem uma granulometria muito semelhante, sendo que o segundo deles possui um teor ligeiramente menor de finos. Já a amostra P11-CX é um tipo de solo mal graduado, já que a maioria de seus grãos (aproximadamente 75% de acordo com os valores do gráfico) está situada na faixa de diâmetros entre 0,074 mm e 0,25 mm. As porcentagens de cada textura de solo encontram-se na Tabela 5.7.

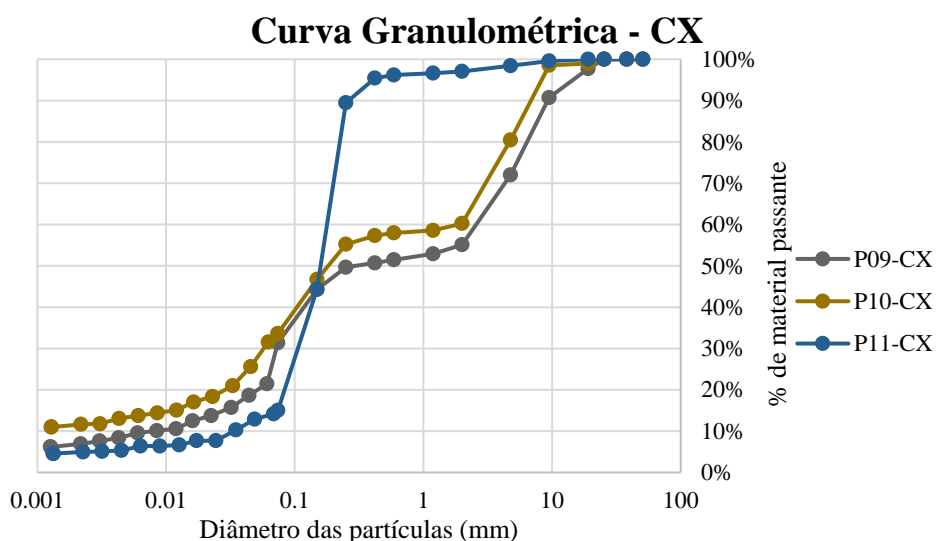


Figura 5.2. Curva granulométrica com defloculante dos CX

Tabela 5.7. Porcentagem de cada textura de solo nas amostras de Cambissolo

Amostra	Pedregulho	Areia Grossa	Areia Média	Areia Fina	Silte	Argila
P09-CX	27,99%	16,91%	4,40%	19,32%	22,52%	8,87%
P10-CX	19,55%	20,19%	2,95%	23,70%	20,29%	13,33%
P11-CX	1,59%	1,37%	1,62%	<u>80,41%</u>	9,39%	5,62%

É possível observar que o valor sublinhado na Tabela 5.7 apresenta uma grande discrepância com relação aos outros, entretanto, esse resultado já era esperado quando a análise tátil-visual foi realizada em campo: a textura da amostra era predominantemente arenosa e o ensaio de permeabilidade com o Guelph resultou em uma alta condutividade hidráulica saturada.

Para os LV (Figura 5.3) e os LVA (Figura 5.4) é possível perceber que a granulometria apresentada quando o defloculante é utilizado é típica de solos finos, já que ao final das 24 horas do ensaio de sedimentação, a porcentagem de material que ainda estava suspenso ($d < 0,001$ mm) nas amostras P01-LV a P05-LVA era próxima de 40%. Estes dados destoam dos resultados de granulometria esperados tendo como base o ensaio de permeabilidade Guelph, já que as permeabilidades encontradas são relativamente altas, típicas de areias finas ou argilas siltosas, conforme explicado anteriormente no item 5.1.1. Já a amostra P06-LVA apresentou uma granulometria mais granular, observando que a última leitura do ensaio de sedimentação obteve apenas 10% de material ainda em suspensão. As porcentagens de cada textura de solo nas amostras de LV e LVA encontram-se na Tabela 5.8.

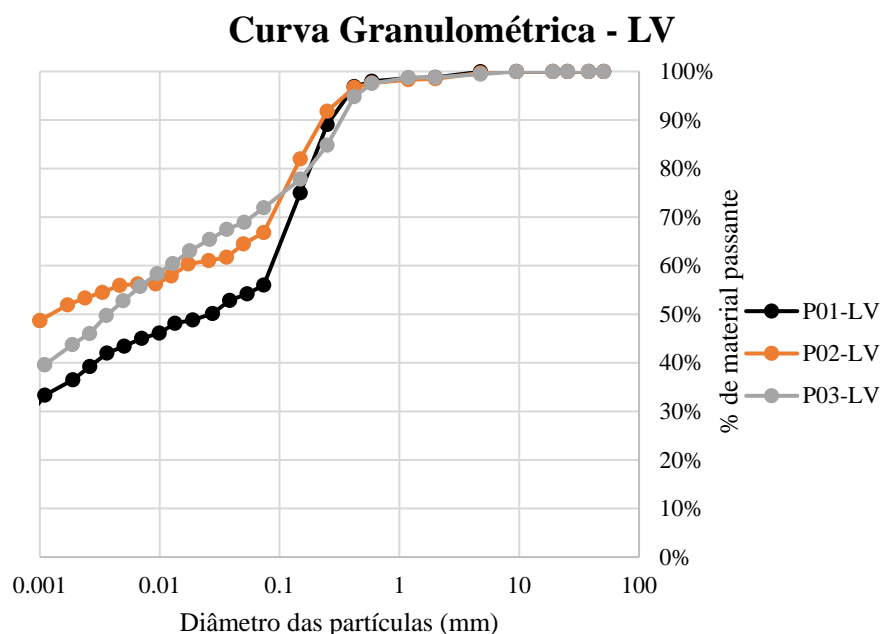


Figura 5.3. Curva granulométrica com defloculante dos LV

Caracterização geotécnica de solos na região do Taquari-DF

5. Resultados e Discussões

Tabela 5.8. Porcentagem de cada textura de solo nas amostras de Latossolo Vermelho e Vermelho-Amarelo

Amostra	Pedregulho	Areia Grossa	Areia Média	Areia Fina	Silte	Argila
P01-LV	0,06%	1,18%	1,89%	40,88%	12,65%	43,35%
P02-LV	0,30%	1,20%	1,78%	29,88%	10,82%	56,01%
P03-LV	0,55%	0,67%	3,98%	22,88%	19,09%	52,84%
P04-LVA	0,73%	2,27%	1,52%	21,25%	22,62%	51,60%
P05-LVA	0,17%	1,77%	4,21%	40,98%	10,16%	42,70%
P06-LVA	0,80%	1,73%	2,99%	69,61%	4,88%	19,99%

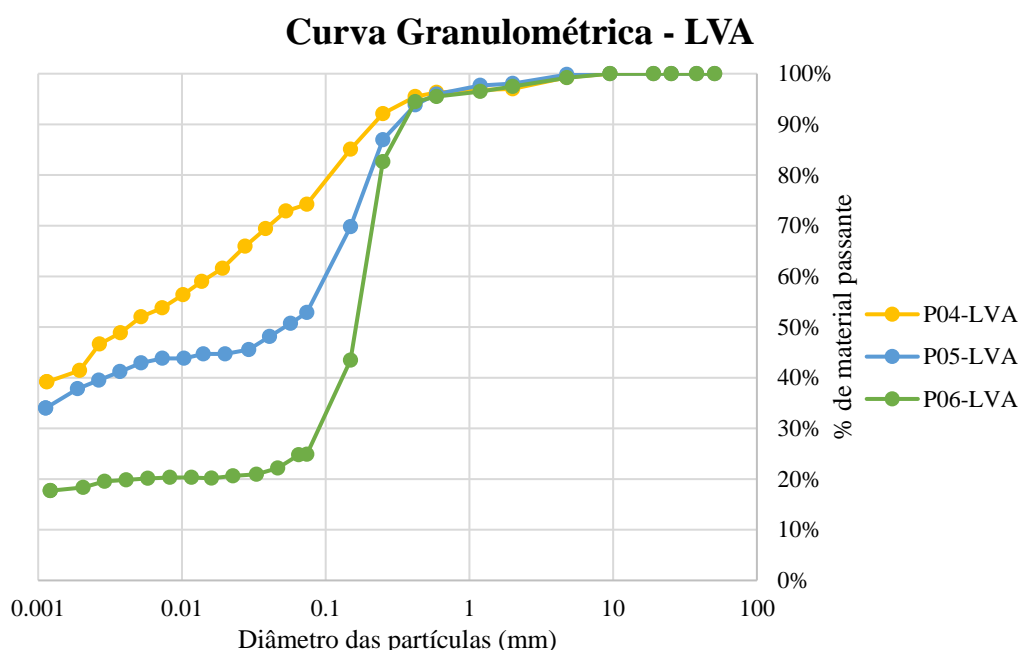


Figura 5.4. Curva granulométrica com defloculante dos LVA

Desse modo, foram realizados dois ensaios adicionais de granulometria sem defloculante para as amostras P02-LV e P04-LVA, ainda sendo dispersos por 15 minutos, a fim de comparar o comportamento do solo na presença de água e na presença de defloculante. Esses pontos foram escolhidos por possuírem os maiores teores de argila e, portanto, devem apresentar diferenças mais discrepantes com relação aos flocos. As curvas granulométricas obtidas estão representadas na Figura 5.5 e a porcentagem de cada faixa de diâmetro dos grãos está representada na Tabela 5.9.

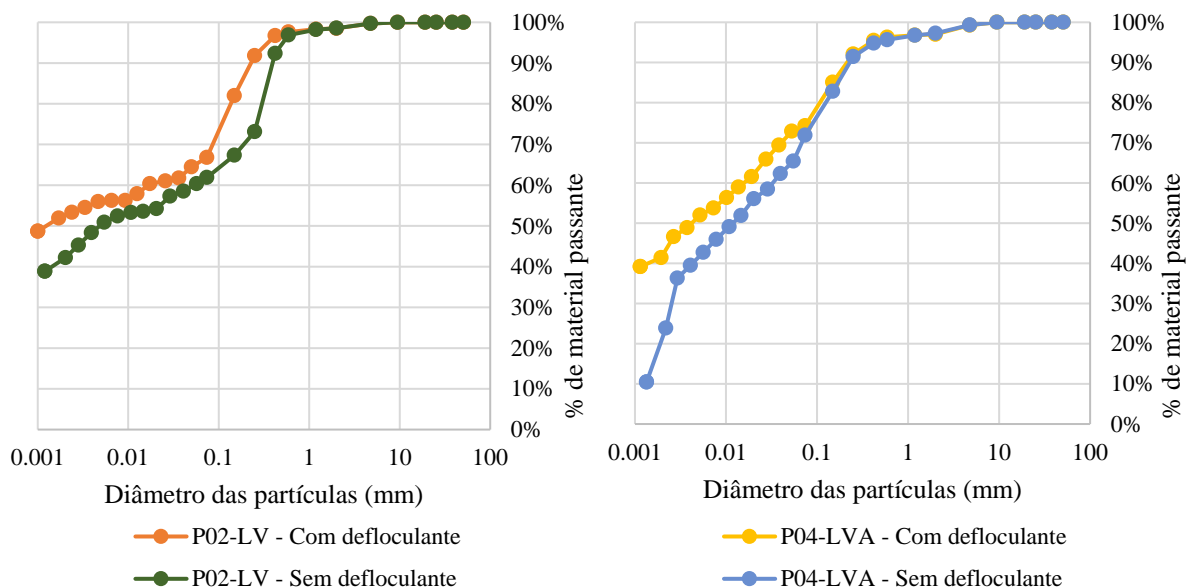


Figura 5.5. Curva granulométrica das amostras P02-LV e P04-LVA com e sem defloculante

Tabela 5.9. Porcentagem de cada textura de solo na amostra P02-LV com e sem defloculante

Amostra	Pedregulho	Areia Grossa	Areia Média	Areia Fina	Silte	Argila
P02 - C/ Def.	0,30%	1,20%	1,78%	29,88%	10,82%	56,01%
P02 - S/ Def.	0,29%	1,14%	6,19%	30,48%	11,72%	50,18%
P04 - C/ Def.	0,73%	2,27%	1,52%	21,25%	22,62%	51,60%
P04 - S/ Def.	0,67%	2,07%	2,46%	22,89%	30,49%	41,42%

Os resultados apresentaram uma redução no teor de argila e um acréscimo da porcentagem dos grãos maiores, principalmente na areia média na amostra P02-LV (5%) e no silte na amostra P04-LVA (8%), entretanto, os dados ainda não condizem com o estado *in situ* dos solos, que são solo altamente aglomerados, apresentam torrões de solo e possuem comportamentos típicos de solos arenosos.

A Tabela 5.10 apresenta o resumo da granulometria dos solos amostrados com as coordenadas de cada ponto.

Tabela 5.10. Resumo da granulometria dos solos amostrados

Amostra	Coordenadas UTM (Zona 23S)	Pedregulho	Areia Grossa	Areia Média	Areia Fina	Silte	Argila
P01-LV	0195884L 8260027N	0,06%	1,18%	1,89%	40,88%	12,65%	43,35%
P02-LV	0196442L 8259956N	0,30%	1,20%	1,78%	29,88%	10,82%	56,01%
P03-LV	0196858L 8259684N	0,55%	0,67%	3,98%	22,88%	19,09%	52,84%
P04-LVA	0194222L 8260357N	0,73%	2,27%	1,52%	21,25%	22,62%	51,60%
P05-LVA	0194137L 8260640N	0,17%	1,77%	4,21%	40,98%	10,16%	42,70%

Caracterização geotécnica de solos na região do Taquari-DF

5. Resultados e Discussões

Amostra	Coordenadas UTM (Zona 23S)	Pedregulho	Areia Grossa	Areia Média	Areia Fina	Silte	Argila
P06-LVA	0194630L 8260546N	0,80%	1,73%	2,99%	69,61%	4,88%	19,99%
P07-Hi	0199161L 8253179N	0,50%	0,21%	0,38%	20,39%	56,38%	22,15%
P08-Hi	0198927L 8253556N	0,57%	0,13%	0,42%	20,08%	56,91%	21,89%
P09-CX	0195380L 8259982N	27,99%	16,91%	4,40%	19,32%	22,52%	8,87%
P10-CX	0190524L 8259553N	19,55%	20,19%	2,95%	23,70%	20,29%	13,33%
P11-CX	0193926L 8260457N	1,59%	1,37%	1,62%	80,41%	9,39%	5,62%

5.1.3. DENSIDADE REAL

As análises de densidade real dos grãos menores que 2,0 mm que foram realizadas pelo Pentapyc 5200e resultaram nos valores expostos na Tabela 5.11. É possível notar que, dentre os tipos de solo analisados, os Gleissolos (P07-Hi e P08-Hi), são os tipos de solo que apresentam uma menor densidade real dos grãos.

Tabela 5.11. Valores de D_{20} calculados pelo Pentapyc 5200e

Ponto	D_t	T (°C)	ρ_w (g/cm ³)	k_{20}	D_{20}
P01-LV	2,6507	23,6	0,9974	0,9992	2,6485
	2,6408	23,3	0,9975	0,9992	2,6388
	2,6580	23,0	0,9975	0,9993	2,6561
P02-LV	2,6145	22,3	0,9977	0,9995	2,6131
	2,6478	22,1	0,9978	0,9995	2,6465
	2,6416	21,9	0,9978	0,9996	2,6405
P03-LV	2,6006	22,3	0,9977	0,9995	2,5992
	2,5878	22,3	0,9977	0,9995	2,5864
	2,5920	22,2	0,9977	0,9995	2,5907
P04-LVA	2,6637	23,9	0,9973	0,9991	2,6612
	2,6770	24,2	0,9972	0,9990	2,6743
	2,6665	24,4	0,9972	0,9990	2,6637
P05-LVA	2,6694	23,8	0,9973	0,9991	2,6670
	2,7190	23,2	0,9975	0,9993	2,7170
	2,7235	22,8	0,9976	0,9994	2,7217
P06-LVA	2,6670	22,4	0,9977	0,9994	2,6655
	2,6629	22,1	0,9978	0,9995	2,6616
	2,6712	21,9	0,9978	0,9996	2,6700
P07-Hi	2,3042	22,7	0,9976	0,9994	2,3028
	2,2887	22,6	0,9976	0,9994	2,2873
	2,2909	22,8	0,9976	0,9994	2,2894

Ponto	D _t	T (°C)	ρ_w (g/cm ³)	k ₂₀	D ₂₀
P08-Hi	2,2756	23,1	0,9975	0,9993	2,2740
	2,2878	23,3	0,9975	0,9992	2,2860
	2,2875	23,0	0,9975	0,9993	2,2859
P09-CX	2,6514	23,4	0,9974	0,9992	2,6493
	2,6863	23,0	0,9975	0,9993	2,6844
	2,6887	22,8	0,9976	0,9994	2,6870
P10-CX	2,6068	22,6	0,9976	0,9994	2,6052
	2,6321	22,2	0,9977	0,9995	2,6308
	2,6317	22,1	0,9978	0,9995	2,6304
P11-CX	2,5824	21,3	0,9979	0,9997	2,5816
	2,6123	21,6	0,9979	0,9996	2,6113
	2,6074	21,5	0,9979	0,9997	2,6065

Os valores de G₂₀ foram utilizados para realizar os cálculos de granulometria, conforme indicado anteriormente pelas equações (4.8) e (4.9).

5.1.4. ÍNDICE DE PLASTICIDADE

Os valores de limite de plasticidade, limite de liquidez e índice de plasticidade de cada amostra de solo estão listados na Tabela 5.12. As amostras indicadas com a sigla NP indicam que não foi possível obter os valores de limite de liquidez ou de plasticidade das amostras, conforme descrito nos itens DNER-ME 082 – 6.2.¹, 6.4.² e DNER-ME 122 7.2.5.³

Tabela 5.12. Limites de liquidez, limites de plasticidade e índices de plasticidade dos solos amostrados

Amostra	LL	LP	IP
P01-LV	27,9%	22,3%	5,6
P02-LV	32,5%	23,0%	9,4
P03-LV	40,5%	28,0%	12,5
P04-LVA	40,4%	25,3%	15,1
P05-LVA	32,7%	19,0%	13,7
P06-LVA	NP		
P07-Hi	48,1%	37,9%	10,2
P08-Hi	47,8%	35,1%	12,6

¹ DNER-ME 082 – 6.2. Quando o limite de liquidez ou limite de plasticidade não puderem ser determinados, anota-se o índice de plasticidade como NP (não plástico)

² DNER-ME 082 – 6.4. Quando o limite de plasticidade for igual ou maior do que o limite de liquidez anota-se o índice de plasticidade como NP (não plástico)

³ DNER-ME 122 – 7.2.5. Na impossibilidade de se conseguir abertura de uma canelura na massa de solo existente na concha ou o seu fechamento com mais de 25 golpes, considerar a amostra como não apresentando limite de liquidez.

Amostra	LL	LP	IP
P09-CX		NP	
P10-CX		NP	
P11-CX		NP	

É possível perceber que, dentre as amostras de LVA, a amostra P06-LVA foi a única que não apresentou plasticidade. Ao observar a granulometria dessa amostra indicada na Tabela 5.10, o solo apresenta apenas 19,99% de argila e 69,61% de areia fina, o que é bastante diferente das outras duas amostras do mesmo tipo pedológico de solo. Uma possível explicação para essa discrepância é o fato de que a Formação Serra da Meia Noite apresenta alternância entre metarritmitos arenosos e argilosos que provavelmente deram origem aos solos do local.

5.1.4.1. LIMITES DE LIQUIDEZ

Os gráficos com os valores obtidos de limite de liquidez encontram-se na

Figura 5.6, com suas respectivas equações de regressão e valores de $(R^2)^4$.

Devido à sua coloração escura, os ensaios de limite de liquidez da amostra P07-Hi foram realizados com o material seco em estufa e natural (Figura 5.6g e Figura 5.6h), conforme indica

a classificação do SUCS, para verificar se a relação $\frac{LL_{seco}}{LL_{natural}} = 0,75$ é atendida. Os valores

obtidos para os ensaios foram, respectivamente, de 43,0% e 48,1%, resultando em uma razão de 0,895, não caracterizando um solo orgânico. Devido à proximidade entre as duas amostras de Gleissolo (P07-Hi e P08-Hi), a segunda amostra também foi considerada um solo inorgânico.

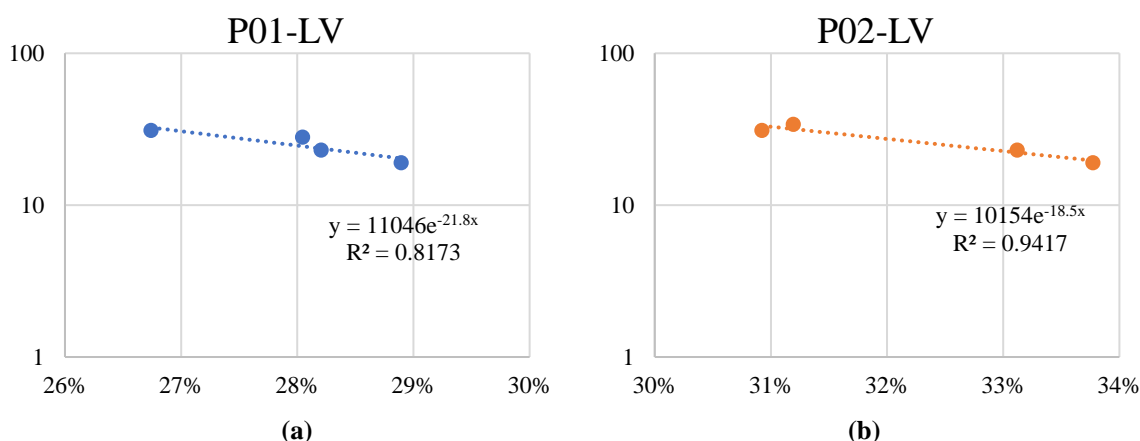
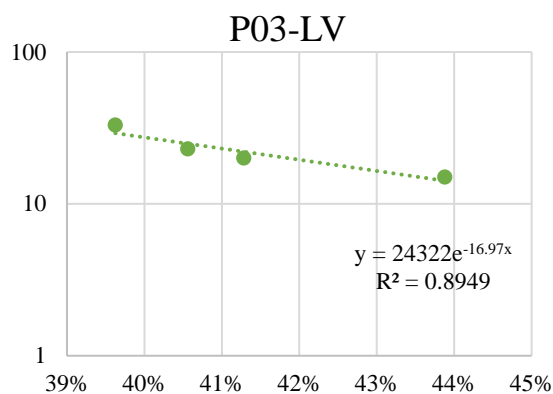
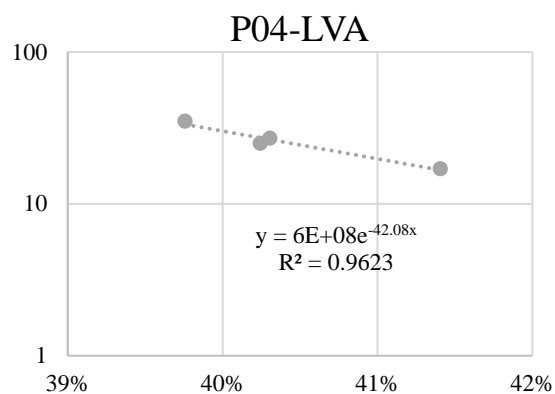


Figura 5.6. Gráficos de limite de liquidez com as respectivas equações de regressão

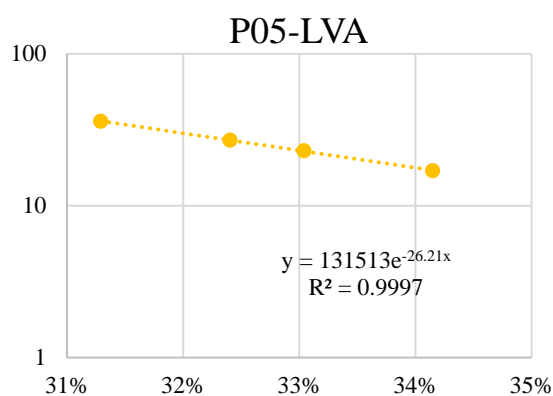
⁴ Medida de ajustamento de um modelo estatístico linear generalizado, como a regressão linear, em relação aos valores observados. O R^2 varia entre 0 e 1, indicando, em percentagem, o quanto o modelo consegue explicar os valores observados. Quanto maior o R^2 , mais explicativo é o modelo, melhor ele se ajusta à amostra.



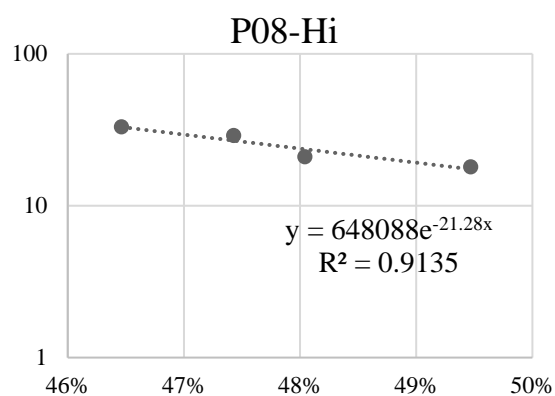
(c)



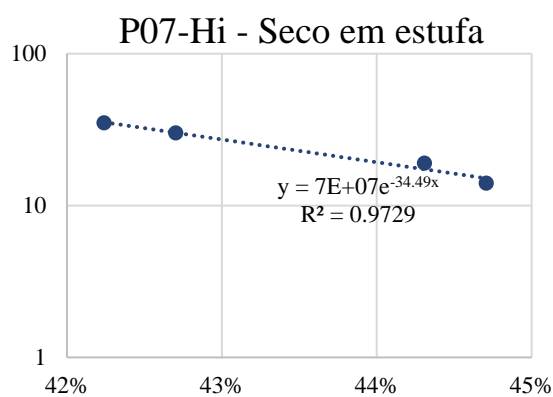
(d)



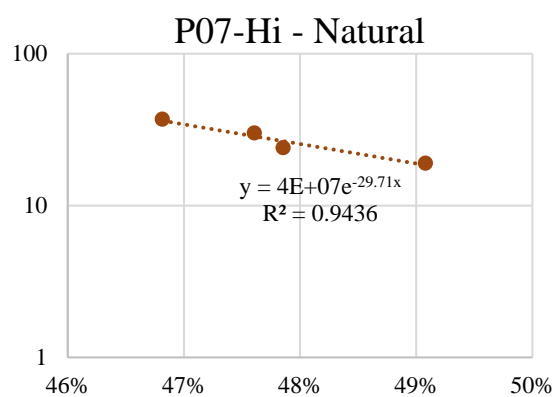
(e)



(f)



(g)



(h)

Figura 5.6. Gráficos de limite de liquidez com as respectivas equações de regressão

5.1.4.2. REPRESENTAÇÃO NO GRÁFICO DE CASAGRANDE

É possível plotar os pontos encontrados no gráfico de Casagrande e obter uma classificação para os solos finos com base nas zonas em que cada amostra se encontra.

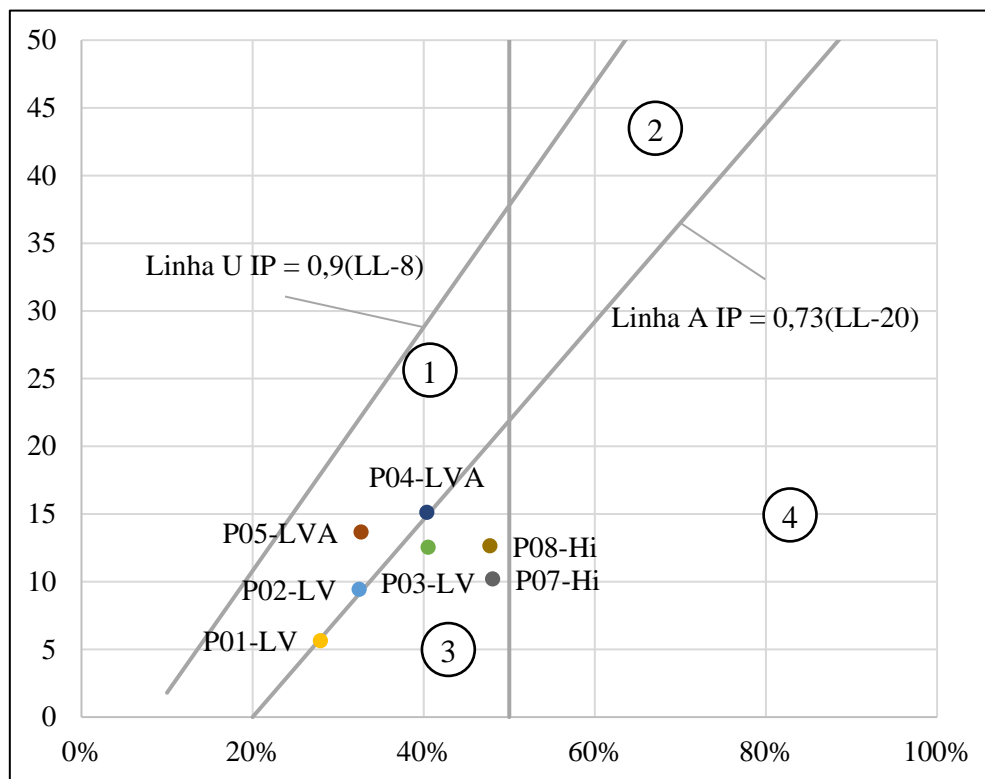


Figura 5.7. Resultados de plasticidade plotados no gráfico de Casagrande

1 – CL ou OL

2 – CH ou OH

3 – ML ou OL

4 – MH ou OH

C – Argila (*Clay*)

M – Silte (*Mo*)

O – Orgânico

L – Baixa Plasticidade (*Low*)

H – Alta Plasticidade (*High*)

5.1.5. CLASSIFICAÇÃO GEOTÉCNICA (SUCS)

Os solos foram classificados com a utilização das Tabela 2.3, Figura 2.6 e Figura 2.7. As classificações encontradas estão listadas na Tabela 5.13.

Tabela 5.13. Classificações dos solos amostrados (SUCS)

Amostra		Classificação SUCS
P01-LV	ML	Silte arenoso
P02-LV	CL	Argila de baixa plasticidade arenosa
P03-LV	ML	Silte com areia
P04-LVA	CL	Argila de baixa plasticidade com areia
P05-LVA	CL	Argila de baixa plasticidade arenosa
P06-LVA	SM	Areia siltosa

Amostra		Classificação SUCS
P07-Hi	ML	Silte com areia
P08-Hi	ML	Silte com areia
P09-CX	GM	Pedregulho siltoso com areia
P10-CX	SM	Areia siltosa com pedregulho
P11-CX	SM	Areia siltosa

5.2. CARTAS GEOTÉCNICAS

5.2.1. MAPAS TEMÁTICOS

A partir do cruzamento das informações dos mapas de declividade (Figura 5.8

Figura 5.8), pedologia (Figura 5.9) e geologia (Figura 5.10), aliados aos parâmetros geotécnicos obtidos em laboratório, foram mapeadas as unidades geotécnicas listadas na Tabela 5.14 e representada na carta síntese da Figura 5.11, sendo que os números 1-1, 1-2, etc. são apenas indicadores dos polígonos e as características de cada polígono estão descritas na legenda do mapa.

Tabela 5.14. Descrição das unidades geotécnicas

Unidade	Parâmetros geotécnicos	
G1	Pedregulho: 0,1%-0,3%	Areia: 27,5%-43,9%
	Silte: 10,8%-19,1%	Argila: 43,4%-56,0%
	Limite de liquidez: 27,9% - 40,5%	Limite de plasticidade: 22,3% - 28,0%
	Índice de plasticidade: 5,6 - 12,5	SUCS: ML e CL
	Condutividade Hidráulica (K_{fs1-2}): $1,3 \cdot 10^{-3} - 3,6 \cdot 10^{-3}$	
G2	Pedregulho: 0,2%-0,7%	Areia: 25,1%-74,3%
	Silte: 4,9%-22,6%	Argila: 20,0%-51,6%
	Limite de liquidez: NP - 40,4%	Limite de plasticidade: NP - 25,3%
	Índice de plasticidade: NP - 15,1	SUCS: CL e SM
	Condutividade Hidráulica (K_{fs1-2}): $1,1 \cdot 10^{-3} - 2,0 \cdot 10^{-3}$	
G3	Pedregulho: 1,6%-28,0%	Areia: 40,6%-83,4%
	Silte: 9,4%-22,6%	Argila: 5,6%-13,3%
	Limite de liquidez: NP	Limite de plasticidade: NP
	Índice de plasticidade: NP	SUCS: ML
	Condutividade Hidráulica (K_{fs1-2}): $2,4 \cdot 10^{-5} - 3,1 \cdot 10^{-4}$	
G4	Pedregulho: 0,5%-0,6%	Areia: 20,6%-21,0%
	Silte: 56,4%-56,9%	Argila: 21,9%-22,2%
	Limite de liquidez: 47,7%-48,1%	Limite de plasticidade: 35,1%-37,9%
	Índice de plasticidade: 10,2 - 12,6	SUCS: GM e SM
	Condutividade Hidráulica (K_{fs1-2}): $8,1 \cdot 10^{-4} - 3,6 \cdot 10^{-3}$	

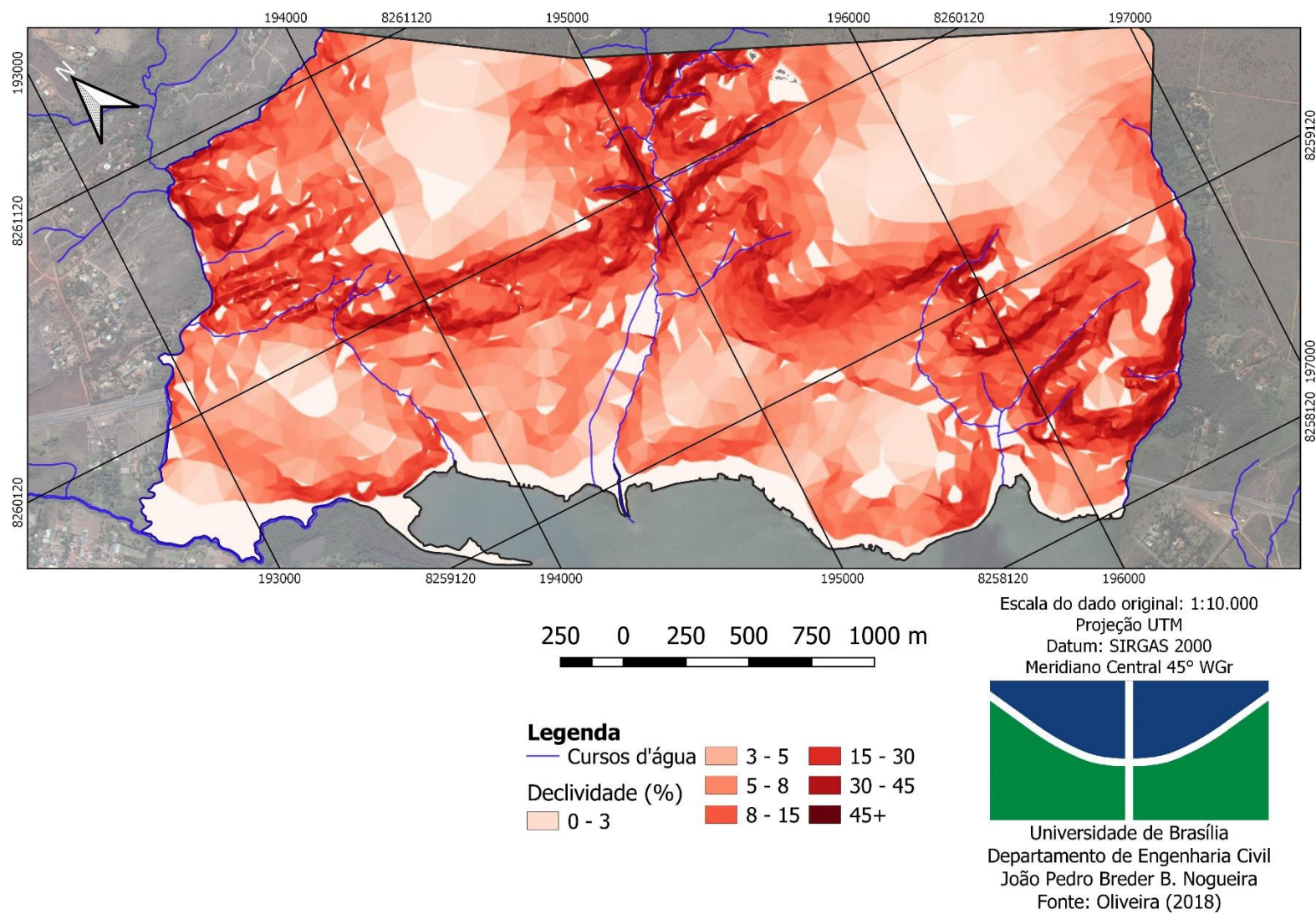


Figura 5.8. Mapa Temático de Declividade na área de estudo
Fonte: Oliveira (2018)

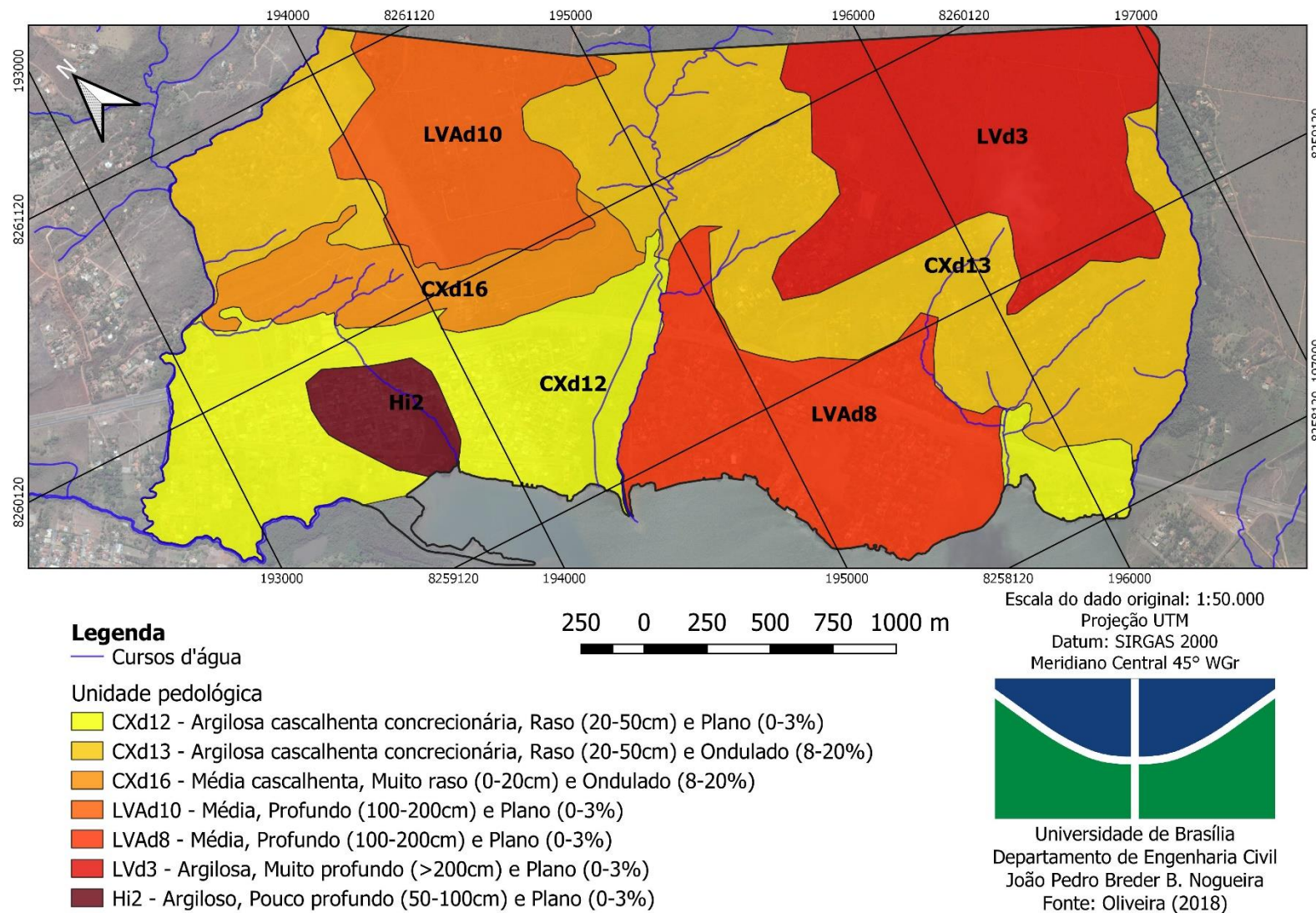


Figura 5.9. Mapa Temático de pedologia na área de estudo
Fonte: Oliveira (2018)

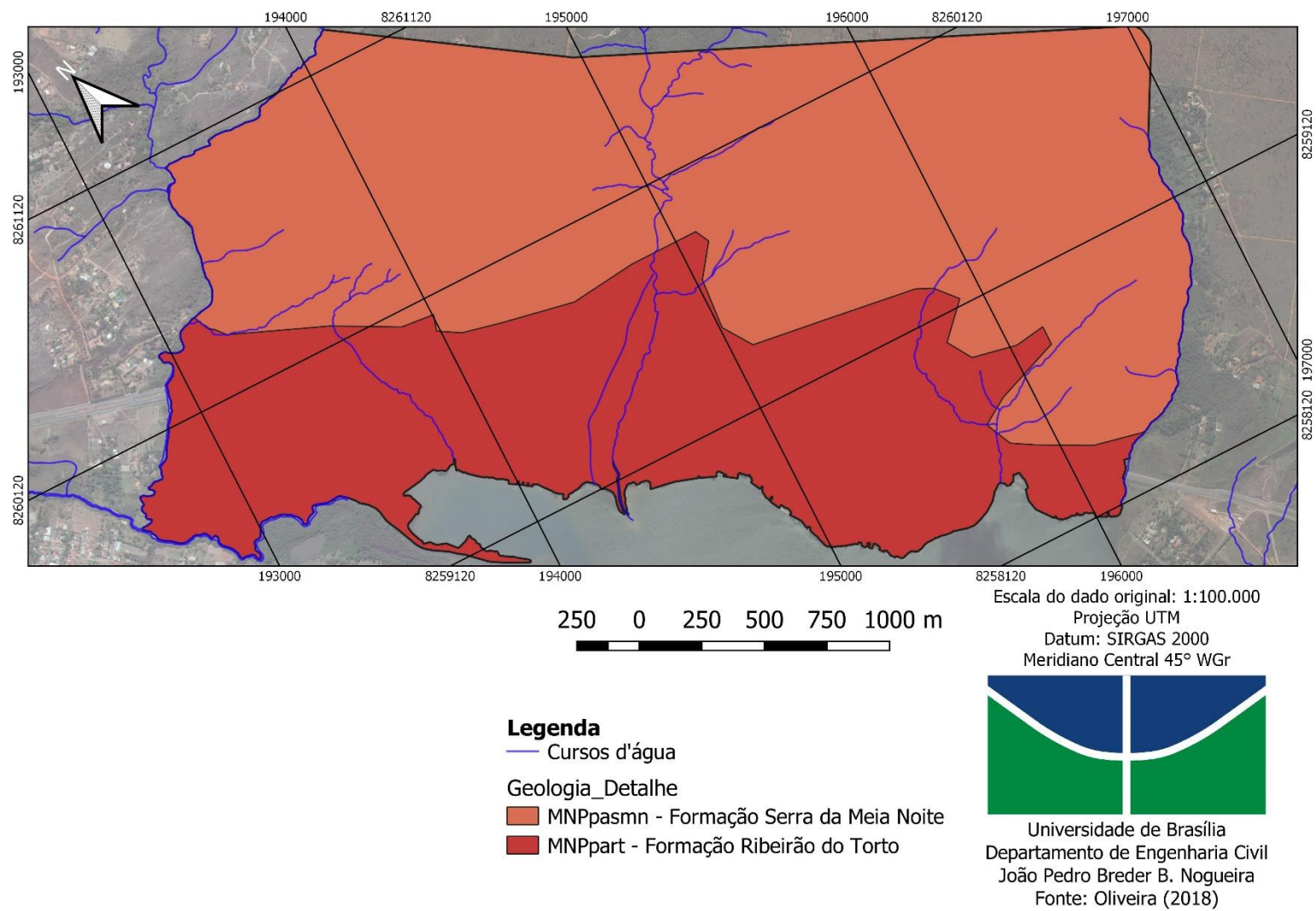


Figura 5.10. Mapa Temático de Geologia da área de estudo
Fonte: Oliveira (2018)

5.2.2. CARTA SÍNTESE E QUADRO LEGENDA

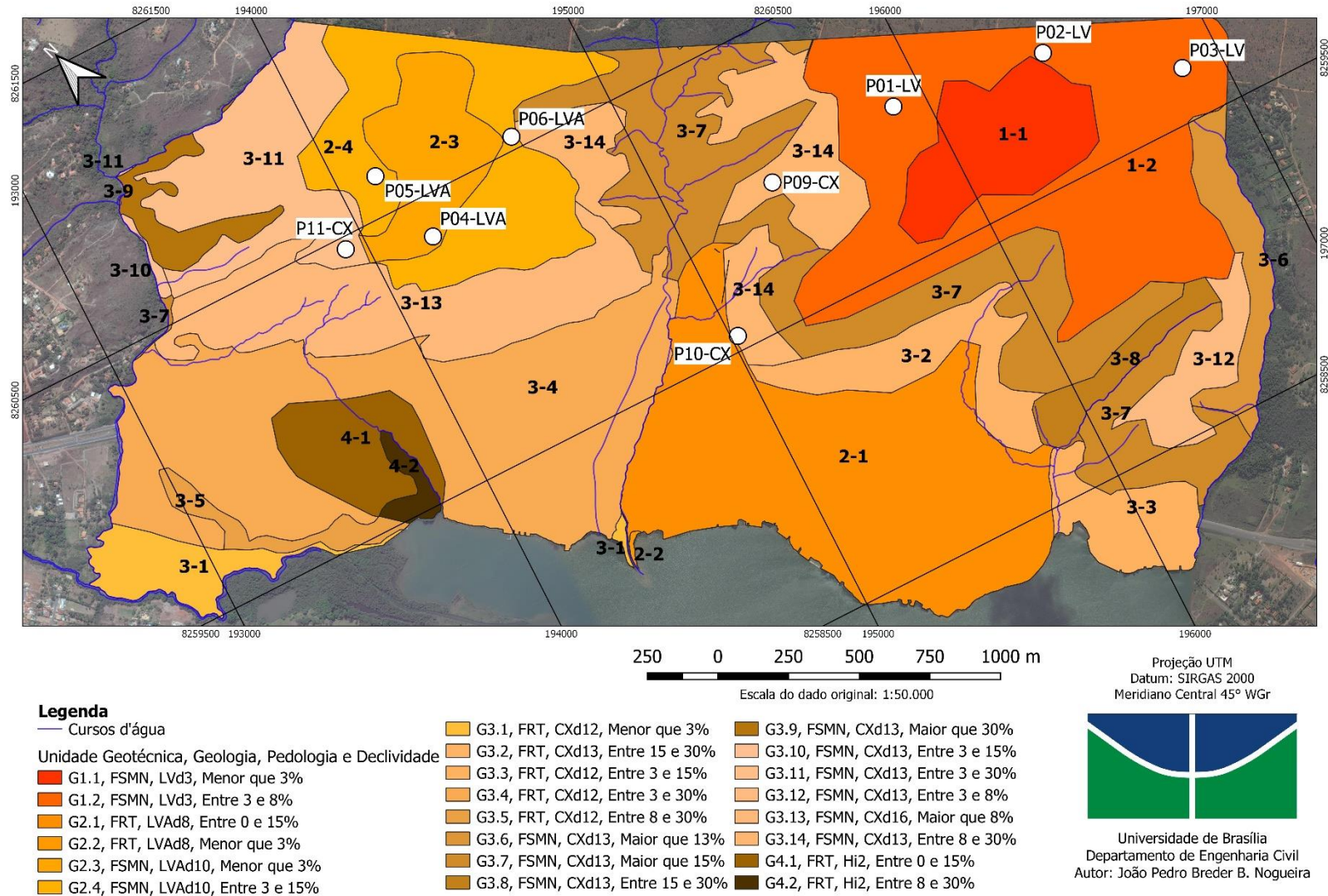


Figura 5.11. Carta de zoneamento geotécnico geral preliminar

Caracterização geotécnica de solos na região do Taquari-DF

5. Resultados

A fim de auxiliar futuras pesquisas e fornecer os resultados deste trabalho da maneira mais compacta possível, foi confeccionada a Tabela 5.15, com o resumo de todos os parâmetros geotécnicos obtidos para os pontos amostrados.

Tabela 5.15. Tabela resumo dos parâmetros geotécnicos das amostras analisadas

Amostra	Coordenadas UTM (Zona 23S)	Guelph	Granulometria				Plasticidade			Classificação SUCS	
		K _{fs1-2} (cm/s)	C (%)	M (%)	S (%)	G (%)	LL (%)	LP (%)	IP	Sigla	Descrição
			Argila	Silte	Areia	Pedreg.					
P01-LV	0195884L 8260027N	3,0.10 ⁻³	43,4	12,7	43,9	0,1	27,9	22,3	5,6	ML	Silte arenoso
P02-LV	0196442L 8259956N	1,3.10 ⁻³	56,0	10,8	32,9	0,3	32,5	23,0	9,4	CL	Argila de baixa plasticidade arenosa
P03-LV	0196858L 8259684N	3,6.10 ⁻³	52,8	19,1	27,5	0,6	40,5	28,0	12,5	ML	Silte com areia
P04-LVA	0194222L 8260357N	1,1.10 ⁻³	51,6	22,6	25,0	0,7	40,4	25,3	15,1	CL	Argila de baixa plasticidade com areia
P05-LVA	0194137L 8260640N	1,3.10 ⁻³	42,7	10,2	47,0	0,2	32,7	19,0	13,7	CL	Argila de baixa plasticidade arenosa
P06-LVA	0194630L 8260546N	2,0.10 ⁻³	20,0	4,9	74,3	0,8	NP*			SM	Areia siltosa
P07-Hi	0199161L 8253179N	2,4.10 ⁻⁵	22,2	56,4	21,0	0,5	48,1	37,9	10,2	ML	Silte com areia
P08-Hi	0198927L 8253556N	3,1.10 ⁻⁴	21,9	56,9	20,6	0,6	47,8	35,1	12,6	ML	Silte com areia
P09-CX	0195380L 8259982N	8,1.10 ⁻⁴	8,9	22,5	40,6	28,0	NP			GM	Pedregulho siltoso com areia
P10-CX	0190524L 8259553N	1,3.10 ⁻³	13,3	20,3	46,8	19,6	NP			SM	Areia siltosa com pedregulho
P11-CX	0193926L 8260457N	3,6.10 ⁻³	5,6	9,4	83,4	1,6	NP			SM	Areia siltosa

* Localizado no contato entre as zonas. Devido ao nível de detalhamento do dado original, este pode não ser um Latossolo, mas sim um Cambissolo.

A Tabela 5.16 apresenta as zonas geotécnicas e suas respectivas aplicabilidades ao planejamento urbano. Os parâmetros analisados estão descritos na Tabela 4.6 por Zuquette & Gandolfi (2004).

Tabela 5.16. Aplicabilidades das zonas geotécnicas ao planejamento urbano

Zona Geotécnica Carta Derivativa	G1.1	G1.2	G2.1	G2.2	G2.3	G2.4	G3.1	G3.2	G3.3	G3.4	G3.5	G3.6	G3.7	G3.8	G3.9	G3.10	G3.11	G3.12	G3.13	G3.14	G4.1	G4.2
Fundações Superficiais	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Potencial a erosão	I	I	I	I	I	I	II	IV	III	IV	IV	V	V	IV	V	III	IV	II	II	IV	I	II
Escavabilidade	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Disposição de resíduos	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Infiltração	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Materiais para construção civil	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Vulnerabilidade de águas subterrâneas*	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	-	-

● Bom/Alto/Pouco vulneráveis*

● Regular

● Ruim/Baixo/Vulneráveis*

- Não classificado

É importante ressaltar que as características atribuídas a cada zona geotécnica não eximem os encarregados dos empreendimentos de executar as devidas análises necessárias para a segura implementação de cada projeto e os produtos cartográficos aqui apresentados possuem caráter orientativo.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O mapeamento preliminar gerado não possui um nível de detalhamento adequado para suprir todas as necessidades inerentes ao processo de planejamento urbano. Entretanto, fornece uma boa estimativa do que será encontrado no local. Para edificações menores ou análises em uma pequena área, como por exemplo no polígono de Latossolos Vermelho-Amarelos, os dados obtidos são capazes de fornecer informações relevantes e boas estimativas dos comportamentos que serão encontrados naquela unidade, a granulometria do solo e seus coeficientes de permeabilidade.

Uma observação importante que deve ser feita é de que é relevante sempre realizar os ensaios de sedimentação com defloculante (utilizando o dispersor) e sem defloculante (sem utilização do dispersor), para verificar o nível de aglomeração dos grãos mais finos e como isso pode impactar no comportamento do solo. Além disso, foi possível observar que o estado do solo *in situ* é bastante diferente do que é analisado em laboratório após o destorroamento.

Foi possível perceber que os latossolos, tanto vermelhos quanto vermelho-amarelos, apresentam um comportamento e uma textura em campo diferente do que realmente é observado em laboratório, já que pela análise tátil-visual e pelo ensaio de permeabilidade com o permeâmetro Guelph, eles se comportaram como solos mais granulares. Também foi possível perceber que os Cambissolos da região não são indicados para serem utilizados como jazidas para retirada de material, já que estão associados a relevos com alta declividade e pouca espessura de solo, nesse caso seria recomendado utilizar os Latossolos, que estão associados a relevos planos e apresentam grandes profundidades de solo.

Outro fator observado é de que a formação geológica influencia mais na granulometria do solo do que a própria unidade pedológica, como foi verificado no caso dos LVA, em que duas amostras (P04-LVA e P05-LVA) possuem um grande teor de argila e um índice de plasticidade maior do que 7, e o terceiro ponto (P06-LVA) possuía um alto teor de areia e um baixo teor de argila, impossibilitando o comportamento plástico. Esse fato deve-se à Formação Serra da Meia Noite, que é uma unidade de metarritmito arenoso com interacalações de metapelitos e quartzitos, que podem ter gerado os solos da região, gerando a diferença entre as amostras argilosas e arenosas encontradas na unidade de LVA. Outra possível explicação seria a de que o polígono onde o ponto P06-LVA se encontra seja um Cambissolo, já que a amostra foi coletada próxima do limite entre as duas unidades pedológicas.

Como recomendações de trabalhos futuros, sugere-se que mais ensaios sejam realizados na região a fim de alcançar um nível maior de detalhamento, por exemplo, com ensaios de

adensamento para verificar a colapsibilidade dos solos. Sugere-se também realizar ensaios com o penetrômetro PANDA para se obter a resistência mecânica dos solos a fim de permitir a criação de uma carta de fundações que possua valores de resistências do solo. Um último ensaio sugerido é a granulometria com água do local, por exemplo água de rios ou da chuva, que pode ou não possuir um efeito defloculante no solo, alterando seu comportamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFES. **Référentiel pédologique**. Association française pour l'étude du sol: Éditions Quæ, 2008. 435 p. ISBN 978-2-7592-0186-0. Disponível em: <http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers15-05/010063397.pdf>.

Acesso em: 20 jun. 2018.

AGEITEC. **Gleissolos**. AGEITEC - Agência Embrapa de Informação Tecnológica, [201?]^a. Disponível em:

<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_mata_sul_pernambucana/arvore/CONT000gt7eon7k02wx7ha087apz2kfhpkns.html>. Acesso em: 09 nov. 2017.

AGEITEC. **Latossolos Vermelho-Amarelos**. AGEITEC - Agência Embrapa de Informação Tecnológica, [201?]^b. Disponível em:

<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000g05ip3qr02wx5ok0q43a0r3t5vjo4.html>. Acesso em: 09 nov. 2017.

ALMEIDA, C. D. S. **Espacialização e Quantificação de Sesquióxidos de Ferro (Goethita e Hematita) em Solos Tropicais por Meio de Sensoriamento Remoto Hiperspectral**. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Pós-Graduação em Geociências Aplicadas. Brasília, p. 67. 2012.

BITAR, O. Y.; DE FREITAS, C. G. L.; MACEDO, E. S. **Guia Cartas geotécnicas [livro eletrônico]: orientações básicas aos municípios**. São Paulo: IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2015. ISBN 978-85-09001841.

BRASIL. Lei Complementar nº 803/2009, atualizada pelos dispositivos da Lei Complementar nº 854/2012, de 15 de outubro de 2012. **Aprova a revisão do Plano Diretor de Ordenamento Territorial do Distrito Federal - PDOT e dá outras providências**, Brasília-DF, out 2012.

BRASIL. Lei nº 12.727, de 17 de out. de 2012. **Código Florestal**, Brasília, DF, 17 out. 2012.

CÂMARA, G.; DAVIS, C. 1 - Introdução. In: CÂMARA, G., et al. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001. p. 345.

CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V. 2 - Conceitos Básicos em Ciência da Geoinformação. In: CÂMARA, G., et al. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001. p. 345.

CAMPOS, J. E. G.; DARDENNE, M. A.; FREITAS-SILVA, F. H.; MARTINS-FERREIRA, M. A. C. **Geologia do Grupo Paranoá na porção externa da Faixa Brasília**. *Brazilian Journal of Geology*, São Paulo, v. 43, n. 3, p. 461-476, set. 2013.

CASSAN, M. **Les essais in situ en mécanique des sols**. 2ª. ed. Paris: Eyrolles, v. 1 Réalisation et interprétation, 1988. 587 p.

DARDENNE, M. A. Síntese sobre a estratigrafia do Grupo Bambuí no Brasil Central. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA **Anais do XXX Congresso Brasileiro de Geologia**. Recife: SBG, v. 2, 1978. p. 597-610.

DAS, B. J.; SOBHAN, K. **Fundamentos de engenharia geotécnica**. Tradução de Noveritis do Brasil. 8ª. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2014. ISBN 978-85-221-1823-6.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 041/1994 - Solos - preparação de amostras para ensaios de caracterização**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 1994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 051/1994 - Solos - análise granulométrica**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 1994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 082/1994 - Solos - determinação do limite de plasticidade**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 1994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 082/1994 - Solos - Determinação do limite de plasticidade**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 1994. 3 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 093/1994 - Solos - determinação da densidade real**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 1994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 122/1994 - Solos - determinação do limite de liquidez - método de referência e método expedito**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 1994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 164/2013-ME - Solos - Compactação utilizando amostras não trabalhadas - Método de Ensaio**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 2013.

EMBRAPA. **Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Distrito Federal**. Rio de Janeiro: [s.n.], 1978. 466 p.

EMBRAPA. **Bioma Cerrado**. Portal Embrapa, 2013. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/contando-ciencia/bioma-cerrado>>. Acesso em: 29 jun. 2018.

EMBRAPA SOLOS. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3ª. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2014. 376 p. ISBN 978-85-7035-359-7.

Caracterização geotécnica de solos na região do Taquari-DF

Referências Bibliográficas

- EMBRAPA SOLOS. **Embrapa Solos. Embrapa Solos**, 2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/solos>>. Acesso em: 13 Novembro 2017.
- FARIA, A. **Estratigrafia e sistemas deposicionais do Grupo Paranoá nas áreas de Cristalina, Distrito Federal e São João D'Aliação - Alto Paraíso de Goiás**. Brasília: Universidade de Brasília, 1995. 201 p.
- FIGUEIREDO, I.; STELLA, A. **Por que as árvores do Cerrado são tortas? ISPN - Instituto Sociedade, População e Natureza**, 29 Setembro 2008. Disponível em: <<http://www.ispn.org.br/por-que-as-arvores-do-cerrado-sao-tortas/>>. Acesso em: 09 Novembro 2017.
- FREITAS-SILVA, F. H.; CAMPOS, J. E. G. Geologia do Distrito Federal. In: _____ **Inventário hidrogeológico e dos recursos hídricos superficiais do Distrito Federal**. Brasília: SEMATEC: IEMA: MMA-SRH, 1998. 1 CD-ROM.
- GDF. **Diretrizes Urbanísticas - Setor Habitacional Taquari Etapa II**. Secretaria de Estado de Habitação, Regularização e Desenvolvimento - SEDHAB. Brasília, p. 41. 2013.
- HIDROGEO. **Estudo de impacto ambiental do Setor Habitacional Taquari - SHTq**. Brasília: Terracap, 1990. 430 p.
- INPE. **Introdução ao Geoprocessamento. SPRING - Sistema de Processamento de Informações Geográficas**, 2006a. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/introducao_geo.html>. Acesso em: 08 abr. 2018.
- INPE. **Estrutura de Dados. SPRING - Sistema de Processamento de Informações Geográficas**, 2006b. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/estrutura.html>>. Acesso em: 08 abr. 2018.
- IUSS WORKING GROUP WRB. **World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015, International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps**. Rome: FAO, v. World Soil Resources Reports No. 106, 2015. ISBN 978-92-5-108369-7 (print). Disponível em: <<http://www.fao.org/3/i3794en/I3794en.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2018.
- JUNIOR, A. N.; VIANA, M. M.; DWECK, J.; FILHO, R. D. T. **A Comparative Study Between the Early Stages Hydration of a High Strength and Sulphate Resistant Portland Cement and the Type II F Portland Cement Through Non Conventional Differential Thermal Analysis and Thermogravimetry**. *Materials Research*, São Carlos, v. 18, Dez.

2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/1516-1439.373714>>. Acesso em: 19 abr. 2018.

KER, J. C. **Latossolos do Brasil: Uma revisão. Revista Genomos**, v. 5, n. 1, p. 17-40, jul. 1997. ISSN 2446-6964. Disponível em: <<http://www.igc.ufmg.br/portaldeperiodicos/index.php/geonomos/article/view/187/166>>. Acesso em: 23 jun. 2018.

MARCUZZO, F. F. N.; CARDOSO, M. R. D.; FARIA, T. G. **Chuvas no Cerrado da região Centro-Oeste do Brasil: análise histórica e tendência futura. Ateliê Geográfico - Revista Eletrônica**, [S.l.], v. 6, n. 2, p. 112-130, ago. 2012. ISSN 1982-1956.

MARJORIBANKS, R. **Geological Methods in Mineral Exploration and Mining**. 2ª. ed. New York: Springer Heidelberg Dordrecht, 2010. 238 p. ISBN 978-3-540-74370-5.

MARTINS, É.; REATTO, A.; ABÍLIO DE CARVALHO JR., O.; FONTES GUIMARÃES, R. **Evolução geomorfológica do Distrito Federal**. 1ª. ed. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. 57 p. ISBN 1517-5111.

MEDEIROS, A. **O Geoprocessamento e Suas Tecnologias: Parte 1. Anderson Medeiros**, 2010. Disponível em: <<http://www.andersonmedeiros.com/geotecnologias-parte1/>>. Acesso em: 08 abr. 2018.

MEDEIROS, A. **MNT - O que é? Para que serve? Anderson Medeiros**, 2011. Disponível em: <<http://www.andersonmedeiros.com/mnt-o-que-e-para-que-serve/>>. Acesso em: 09 abr. 2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **O Bioma Cerrado. Ministério do Meio Ambiente**, 2014. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomas/cerrado>>. Acesso em: 29 jun. 2018.

MORAES, J. M.; FERREIRA, C. E. O.; PEDRAZZI, A. C.; DIAS, G. P.; FILHO, I. B. O.; FERRASSOLI, M. A. Metodologia para execução de cartas de aptidão à urbanização frente aos desastres naturais. **15º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia Ambiental**.

MOTTA, P. E.; NAIME, U. J.; CARVALHO JR, A.; REATTO, A.; MARTINS, É.; LIMA, J. A. **Zoneamento Ecológico-Econômico da Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno - Fase I, Solos**. Brasília: Consórcio ZEE - Brasil, 2003a.

MOTTA, P. E.; NAIME, U. J.; CARVALHO JR, A.; REATTO, A.; MARTINS, É.; LIMA, J. A. **Zoneamento Ecológico-Econômico da Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno - Fase I, Aptidão Agrícola**. Brasília: Consórcio ZEE - Brasil, 2003b.

- NAIME, R. **Águas Emendadas, artigo de Roberto Naime. EcoDebate**, 2015. ISSN 2446-9394. Disponível em: <<https://www.ecodebate.com.br/2015/09/17/aguas-emendadas-artigo-de-roberto-naime/>>. Acesso em: 37 jun. 2018.
- OLIVEIRA, B. R. **Cartografia geotécnica de grande escala: estudo de caso setor habitacional Asa Taquari**. Dissertação de Mestrado, Publicação G.D.M.-S.N.D., Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília. Brasília, DF, p. 141. 2018.
- OLIVEIRA, R. M.; FORMIGA, K. T. **O uso de Sistemas de Informações Geográficas na Operação de Sistemas de Distribuição de Água. MundoGEO**, 2000. Disponível em: <<http://mundogeo.com/blog/2000/01/01/o-uso-de-sistemas-de-informacoes-geograficas-na-operacao-de-sistemas-de-distribuicao-de-agua/>>. Acesso em: 08 abr 2018.
- PIMENTEL, M. M.; HEAMAN, L.; FUCK, R. A. Idade do metarriolito da sequência Maratá, Grupo Araxá, GO. In: _____ **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. Rio de Janeiro: [s.n.], v. 64, 1993. p. 19-28.
- PRADO, H. D. **Pedologia Fácil. Pedologia Fácil**, 2017. Disponível em: <<http://www.pedologiafacil.com.br/>>. Acesso em: 21 Outubro 2017.
- PRANDINI, F. L.; NAKASAWA, V. A.; FREITAS, C. G. L.; DINIZ, N. C. Cartografia Geotécnica nos Planos Diretores Regionais e Municipais. In: _____ **Curso de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente**. São Paulo: ABGE, 1995. p. 187-202.
- QUANTACHROME INSTRUMENTS. **Gas Pycnometers: True Densisty Analysis of Powders, Foams and Bulk Solids**. Quantachrome Corporation. [S.l.], p. 12. 2018.
- REATTO, A.; MARTINS, É.; FÁBIO RIBEIRO FARIAS, M.; VALVERDE DA SILVA, A.; ABÍLIO DE CARVALHO JR, O. **Mapa Pedológico Digital - SIG Atualizado do Distrito Federal Escala 1: 100.000 e uma Síntese do Texto Explicativo**. 1ª. ed. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. 31 p. ISBN 1517-5111.
- SANTOS, J. N. B. **Classificação de Solos - SUCS. UDESC**, 2017. Disponível em: <http://www.cct.udesc.br/arquivos/id_submenu/1470/classificacao_sucs_2017.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2018.
- SOIL MOISTURE. **2800K1 Guelph Permeameter - Operating Instructions**. Santa Barbara: Soil Moisture, 2008. 54 p.
- SOLOTEST. **Casagrande -apar Casagrande manual compl. Solotest®**, 2018. Disponível em: <<http://www.solotest.com.br/novo/produtos/casagrande--apar-casagrande-manual-compl/1.040.001>>. Acesso em: 18 mar. 2018.

USDA. **Soil Taxonomy, A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys.** United States Department of Agriculture Natural Resources Conservation Service: Agriculture Handbook, v. 436, 1999. Disponível em: <https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_051232.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2018.

ZEE. **Relatório técnico, Subproduto 3.1.** Brasília: ZEE - Zoneamento Ecológico e Econômico do Distrito Federal, v. 2, 2011. 172 p. Disponível em: <http://www.zee.df.gov.br/historico/arquivos/cat_view/258-produtoetapa1/262-subproduto-31.html>. Acesso em: 29 jun. 2018.

ZUQUETTE, L. V.; GANDOLFI, N. **Cartografia Geotécnica.** São Paulo: Oficina de Textos, 2004. ISBN 85-86238-38-4.

APÊNDICES

APÊNDICE A1. ENSAIOS DE PERMEABILIDADE GUELPH

Tabela A1.1. Ensaios de Permeabilidade Guelph para os Latossolos Vermelhos

P01-LV				P02-LV				P03-LV			
GPS	23L	0195884	8260027	GPS	23L	0196442	8259956	GPS	23L	0196858	8259684
Solo	Latossolo Vermelho			Solo	Latossolo Vermelho			Solo	Latossolo Vermelho		
Textura	Arenosa			Textura	Argilo-arenoso			Textura	Areno-siltoso		
Cor	Vermelho-escuro			Cor	Vermelho-escuro			Cor	Marrom		
Reserv.	Interno + Externo			Reserv.	Interno + Externo			Reserv.	Interno + Externo		
Δt	15 s			Δt	15 s			Δt	15 s		
Obs	-			Obs	-			Obs	-		
H₁	10	H₂	15	H₁	10	H₂	15	H₁	10	H₂	15
H	ΔH	H	ΔH	H	ΔH	H	ΔH	H	ΔH	H	ΔH
1,8	-	23,3	-	0,0	-	23,6	-	0,0	-	46,0	-
8,5	6,7	21,1	-2,2	9,2	9,2	24,5	0,9	6,2	6,2	47,7	1,7
9,1	0,6	22,6	1,5	9,9	0,7	25,6	1,1	8,0	1,8	50,0	2,3
10,0	0,9	24,0	1,4	10,7	0,8	26,6	1,0	9,7	1,7	52,0	<u>2,0</u>
10,9	0,9	25,3	1,3	11,5	0,8	27,5	0,9	11,3	1,6	53,9	<u>1,9</u>
11,6	0,7	26,7	1,4	12,4	0,9	28,4	0,9	12,8	1,5	56,0	<u>2,1</u>
12,4	0,8	28,1	1,4	13,0	0,6	29,3	0,9	14,1	1,3	58,0	<u>2,0</u>
13,2	0,8	29,4	1,3	13,6	0,6	30,2	0,9	15,6	1,5	59,9	<u>1,9</u>
14,0	0,8	30,9	1,5	14,4	0,8	-	-	16,9	1,3	61,9	<u>2,0</u>
14,8	0,8	32,1	1,2	15,0	0,6	-	-	18,3	1,4	63,9	<u>2,0</u>
15,6	0,8	33,5	<u>1,4</u>	15,7	0,7	-	-	19,7	1,4	-	-
16,3	0,7	34,8	<u>1,3</u>	16,3	0,6	-	-	21,0	1,3	-	-
17,0	0,7	36,1	<u>1,3</u>	17,0	0,7	-	-	22,1	1,1	-	-
17,5	0,5	37,5	<u>1,4</u>	17,5	0,5	-	-	23,6	1,5	-	-
18,1	0,6	38,9	<u>1,4</u>	18,1	0,6	-	-	24,9	1,3	-	-
18,7	0,6	40,2	<u>1,3</u>	18,7	0,6	-	-	26,2	1,3	-	-
19,3	0,6	41,6	<u>1,4</u>	19,3	0,6	-	-	27,4	1,2	-	-
19,9	0,6	-	-	19,9	0,6	-	-	28,8	1,4	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	30,0	1,2	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	31,3	1,3	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	32,6	1,3	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	33,8	1,2	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	35,2	1,4	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	36,2	1,0	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	37,4	<u>1,2</u>	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	38,7	<u>1,3</u>	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	40,0	<u>1,3</u>	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	41,2	<u>1,2</u>	-	-

Caracterização geotécnica de solos na região do Taquari-DF

Apêndices

Tabela A1.2. Ensaios de Permeabilidade Guelph para os Latossolos Vermelho-Amarelos

P04-LVA				P05-LVA				P06-LVA			
GPS	23L	0194222	8260357	GPS	23L	0194137	8260640	GPS	23L	0194630	8260546
Solo	Latossolo Vermelho-Amarelo			Solo	Latossolo Vermelho-Amarelo			Solo	Latossolo Vermelho-Amarelo		
Textura	Arenosa			Textura	Argilo-arenoso			Textura	Arenoso		
Cor	Marrom claro - Amarelo			Cor	Marrom			Cor	Marrom		
Reserv.	Interno + Externo			Reserv.	Interno + Externo			Reserv.	Interno + Externo		
Δt	15 s			Δt	15 s			Δt	15 s		
Obs	-			Obs	-			Obs	-		
H ₁	10	H ₂	15	H ₁	10	H ₂	15	H ₁	10	H ₂	15
H	ΔH	H	ΔH	H	ΔH	H	ΔH	H	ΔH	H	ΔH
0,0	-	15,2	-	0,0	-	29,7	-	6,0	-	22,6	-
6,5	6,5	15,4	0,2	7,1	7,1	29,9	0,2	8,1	2,1	24,7	2,1
6,6	0,1	15,9	0,5	7,8	0,7	30,8	0,9	9,7	1,6	27,1	2,4
7,0	0,4	16,5	0,6	9,2	1,4	31,7	0,9	11,3	1,6	29,2	2,1
7,4	0,4	17,0	0,5	10,0	0,8	32,6	0,9	12,9	1,6	31,5	2,3
8,1	0,7	17,5	0,5	10,6	0,6	33,5	0,9	14,5	1,6	33,7	2,2
8,5	0,4	18,0	0,5	11,2	0,6	34,4	0,9	16,0	1,5	36,0	2,3
8,9	0,4	18,5	0,5	11,9	0,7	-	-	17,6	1,6	38,2	2,2
9,2	0,3	-	-	12,5	0,6	-	-	-	-	40,4	2,2
9,5	0,3	-	-	13,1	0,6	-	-	-	-	42,6	2,2
9,9	0,4	-	-	13,8	0,7	-	-	-	-	44,8	2,2
10,2	0,3	-	-	14,3	0,5	-	-	-	-	-	-
10,5	0,3	-	-	15,0	0,7	-	-	-	-	-	-
10,8	0,3	-	-	15,5	0,5	-	-	-	-	-	-
11,1	0,3	-	-	16,2	0,7	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	16,8	0,6	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	17,4	0,6	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	17,9	0,5	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	18,4	0,5	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	19,1	0,7	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	19,6	0,5	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	20,3	0,7	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	20,9	0,6	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	21,4	0,5	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	22,0	0,6	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	22,5	0,5	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	23,2	0,7	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	23,7	0,5	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	24,3	0,6	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	24,9	0,6	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	25,5	0,6	-	-	-	-	-	-

Tabela A1.3. Ensaios de Permeabilidade Guelph para os Gleissolos

P07-Hi				P08-Hi			
GPS	23L	0199161	8253179	GPS	23L	0198927	8253556
Solo	Gleissolo			Solo	Gleissolo		
Textura	Argilosa			Textura	Argilosa		
Cor	Preto			Cor	Preto		
Reserv.	Interno			Reserv.	Interno		
Δt	15 s			Δt	15 s		
Obs	Úmido, moldável, porém desagrega facilmente			Obs	Água no ponto final do furo, condições de contorno diferentes		
H ₁	10	H ₂	20	H ₁	15	H ₂	20
H	ΔH	H	ΔH	H	ΔH	H	ΔH
0,0	-	12,1	-	0,0	-	10,1	-
4,3	4,3	12,4	0,3	8,8	8,8	24,5	14,4
4,3	0,0	12,8	0,4	13,5	4,7	35,5	11,0
4,4	0,1	13,2	0,4	18,0	4,5	46,0	10,5
4,6	0,2	13,6	0,4	22,0	4,0	55,0	9,0
4,7	0,1	13,9	0,3	26,0	4,0	64,0	9,0
4,8	0,1	14,2	0,3	30,0	4,0	72,5	8,5
5,0	0,2	14,5	0,3	34,5	4,5		
5,2	0,2	14,8	0,3	38,5	4,0	16,5	16,5
5,3	0,1	15,1	0,3	42,4	3,9	20,5	4,0
5,4	0,1	15,4	0,4	45,8	3,4	27,5	7,0
5,5	0,1	-	-	49,5	3,7	34,5	7,0
5,6	0,1	-	-	53,2	3,7	41,5	7,0
5,7	0,2	-	-	57,0	3,8	48,5	7,0
-	-	-	-	60,5	3,5	-	-
-	-	-	-	64,0	3,5	-	-
-	-	-	-	67,7	3,7	-	-
-	-	-	-	72,6	4,9	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	5,0	5,0	-	-
-	-	-	-	10,0	5,0	-	-
-	-	-	-	15,0	5,0	-	-
-	-	-	-	19,5	4,5	-	-
-	-	-	-	23,5	4,0	-	-
-	-	-	-	27,5	4,0	-	-
-	-	-	-	32,0	4,5	-	-
-	-	-	-	36,0	4,0	-	-
-	-	-	-	40,5	4,5	-	-
-	-	-	-	44,5	4,0	-	-
-	-	-	-	48,5	4,0	-	-
-	-	-	-	52,5	4,0	-	-

Caracterização geotécnica de solos na região do Taquari-DF
Apêndices

Tabela A1.4. Ensaios de Permeabilidade Guelph para os Cambissolos

P09-CX				P10-CX				P11-CX			
GPS	23L	0195380	8259982	GPS	23L	0195024	8259553	GPS	23L	0193926	8260457
Solo	Cambissolo			Solo	Cambissolo			Solo	Cambissolo		
Textura	Arenoso com pedregulho			Textura	Arenoso com pedregulho			Textura	Arenoso com pedregulho		
Cor	Marrom claro			Cor	Avermelhado			Cor	Marrom		
Reserv.	Interno + Externo			Reserv.	Interno + Externo			Reserv.	Interno + Externo		
Δt	15 s			Δt	15 s			Δt	15 s		
Obs	Muito difícil de escavar, espessura de solo de cerca de 30 cm			Obs	-			Obs	-		
H ₁	10	H ₂	20	H ₁	10	H ₂	15	H ₁	10	H ₂	15
H	ΔH	H	ΔH	H	ΔH	H	ΔH	H	ΔH	H	ΔH
0,0	-	15,2	-	0,0	-	62,4	-	0,0	-	39,5	-
7,9	7,9	15,4	0,2	9,1	9,1	63,5	1,1	9,5	9,5	42,4	2,9
8,0	0,1	15,9	0,5	11,8	2,7	65,6	2,1	12,6	3,1	44,1	1,7
8,3	0,3	16,5	0,6	14,0	2,2	67,5	1,9	14,5	1,9	45,9	1,8
8,6	0,3	17,0	0,5	16,1	2,1	69,5	2,0	15,9	1,4	47,7	1,8
8,9	0,3	17,5	0,5	18,2	2,1	71,5	2,0	17,2	1,3	49,6	1,9
9,1	0,2	18,0	0,5	20,1	1,9	73,5	2,0	18,5	1,3	51,4	1,8
9,2	0,1	18,5	0,5	11,9	-8,2	-	-	19,9	1,4	53,2	1,8
9,4	0,2	-	-	22,0	10,1	-	-	21,2	1,3	-	-
9,5	0,1	-	-	23,7	1,7	-	-	22,5	1,3	-	-
9,9	0,4	-	-	25,6	1,9	-	-	23,5	1,0	-	-
10,1	0,2	-	-	27,3	1,7	-	-	24,8	1,3	-	-
10,3	0,2	-	-	29,1	1,8	-	-	26,0	1,2	-	-
10,5	0,2	-	-	30,8	1,7	-	-	27,1	1,1	-	-
10,7	0,2	-	-	32,6	1,8	-	-	28,2	1,1	-	-
-	-	-	-	34,1	1,5	-	-	29,3	1,1	-	-
-	-	-	-	35,7	1,6	-	-	30,4	1,1	-	-
-	-	-	-	37,3	1,6	-	-	31,5	1,1	-	-
-	-	-	-	39,1	1,8	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	40,6	1,5	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	42,2	1,6	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	43,6	1,4	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	45,2	1,6	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	46,8	1,6	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	48,5	1,7	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	49,8	1,3	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	51,4	1,6	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	53,0	1,6	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	54,5	1,5	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	56,0	1,5	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

APÊNDICE A2. ENSAIOS DE GRANULOMETRIA

Tabela A2.1. Ensaio de granulometria com sedimentação da amostra P01-LV

P01-LV	Umidade Higroscópica			Massa específica dos grãos < # 2mm			
Cápsula nº	43	2	5027	D _t	2,6507	2,6408	2,6580
Tara (g)	11,20	35,21	10,33	Temperatura	23,6	23,3	23,0
Tara + SH (g)	59,76	86,14	62,19	ρ _w (g/cm ³)	0,9974	0,9975	0,9975
Tara + SS (g)	57,43	83,96	59,87	k ₂₀	0,9992	0,9992	0,9993
Umidade (%)	5,0%	4,5%	4,7%	D ₂₀	2,6485	2,6388	2,6561
W (%)		4,7%		D ₂₀		2,6478	

Peneiramento Grosso

M _T (g)	1030	M _g (g)	12,15	M _s (g) =	983,95
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido	M _r (g) Acumulado	Q _s (%), material passante	
2"	50,8	0,00	0,00	100,00%	
1 1/2"	38,1	0,00	0,00	100,00%	
1"	25,4	0,00	0,00	100,00%	
3/4"	19,1	0,00	0,00	100,00%	
3/8"	9,5	0,00	0,00	100,00%	
4	4,76	0,57	0,57	99,94%	
10	2,00	11,58	12,15	98,77%	
Fundo	--	971,8	984,0	-	

Peneiramento Fino

M _U (g) =	122,938	M _s (g) =	117,376	N (%) =	98,77%
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido	M _r (g) Solo Acum.	Q _f (%), material passante	
16	1,19	0,15	0,15	98,64%	
30	0,59	0,79	0,94	97,97%	
40	0,42	1,30	2,24	96,88%	
60	0,25	9,29	11,53	89,06%	
100	0,149	16,73	28,26	74,98%	
200	0,074	22,56	50,83	56,00%	
Fundo	--	0,00	50,83	-	

Sedimentação

M _U (g)	122,938	Densímetro	28482/10	V (cm ³)	1000	D ₂₀	2,6478		
Hora	Tempo	t (s)	T (°C)	L	L _d	μ (10 ⁻⁶ g.s/cm ²)	Q _s	a (cm)	d (mm)
10:47	30 s	30	24,5	1,0430	1,00277	9,2593	54,20%	8,6	0,05382
10:48	1 min	60	24,5	1,0420	1,00277	9,2593	52,85%	8,8	0,03843
10:49	2 min	120	24,5	1,0400	1,00277	9,2593	50,16%	9,1	0,02770
10:51	4 min	240	24,5	1,0390	1,00277	9,2593	48,81%	8,5	0,01889
10:55	8 min	480	24,5	1,0385	1,00277	9,2593	48,14%	8,6	0,01343
11:02	15 min	900	24,5	1,0370	1,00277	9,2593	46,11%	8,8	0,00995
11:17	30 min	1800	24,5	1,0362	1,00277	9,2593	45,04%	9,0	0,00709
11:47	1 h	3600	24,5	1,0350	1,00277	9,2593	43,42%	9,2	0,00507
12:47	2 h	7200	24,2	1,0340	1,00283	9,3223	41,99%	9,3	0,00363
14:47	4 h	14400	24,0	1,0320	1,00287	9,3648	39,25%	9,7	0,00262
18:47	8 h	28800	23,8	1,0300	1,00291	9,4075	36,50%	10,0	0,00189
10:47	24 h	86400	24,6	1,0275	1,00275	9,2385	33,34%	10,4	0,00110

Caracterização geotécnica de solos na região do Taquari-DF

Apêndices

Tabela A2.2. Ensaio de granulometria com sedimentação da amostra P02-LV

P02-LV	Umidade Higroscópica			Massa específica dos grãos < # 2mm			
Cápsula n°	508	6061	6084	D _t	2,6145	2,6478	2,6416
Tara (g)	23,90	12,24	12,64	Temperatura	22,3	22,1	21,9
Tara + SH (g)	96,84	68,82	69,56	ρ _w (g/cm³)	0,9977	0,9978	0,9978
Tara + SS (g)	91,94	64,80	66,08	k ₂₀	0,9995	0,9995	0,9996
Umidade (%)	7,2%	7,7%	6,5%	D ₂₀	2,6134	2,6465	2,6405
W (%)		7,1%		D ₂₀		2,6435	

Peneiramento Grosso

M _T (g)	1040	M _g (g) =	14,61	M _s (g) =	971,86
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido	M _r (g) Acumulado	Q _s (%), material passante	
2"	50,8	0,00	0,00	100,00%	
1 1/2"	38,1	0,00	0,00	100,00%	
1"	25,4	0,00	0,00	100,00%	
3/4"	19,1	0,00	0,00	100,00%	
3/8"	9,5	0,00	0,00	100,00%	
4	4,76	2,96	2,96	99,70%	
10	2,00	11,65	14,61	98,50%	
Fundo	--	957,25	971,86	-	

Peneiramento Fino

M _U (g) =	123,077	M _s (g) =	114,898	N (%) =	98,50%
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido	M _r (g) Solo Acum.	Q _f (%), material passante	
16	1,19	0,229	0,229	98,30%	
30	0,59	0,801	1,030	97,61%	
40	0,42	1,051	2,081	96,71%	
60	0,25	5,702	7,783	91,83%	
100	0,149	11,471	19,254	81,99%	
200	0,074	17,688	36,942	66,83%	
Fundo	--		36,942	-	

Sedimentação

M _w (g)	123,077	Densímetro		28482/10	V (cm³)	1000	D ₂₀		
Hora	Tempo	t (s)	T (°C)	L	L _d	μ (10 ⁻⁶ g.s/cm²)	Q _s	a (cm)	d (mm)
10:57	30 s	30	24,5	1,0500	1,00307	9,2593	64,48%	7,4	0,05004
10:58	1 min	60	24,5	1,0480	1,00307	9,2593	61,73%	7,8	0,03618
10:59	2 min	120	24,5	1,0475	1,00307	9,2593	61,04%	7,8	0,02572
11:01	4 min	240	24,5	1,0470	1,00307	9,2593	60,36%	7,1	0,01734
11:05	8 min	480	24,5	1,0452	1,00307	9,2593	57,88%	7,4	0,01252
11:12	15 min	900	24,5	1,0440	1,00307	9,2593	56,24%	7,6	0,00927
11:27	30 min	1800	24,5	1,0440	1,00307	9,2593	56,24%	7,6	0,00655
11:57	1 h	3600	24,5	1,0438	1,00307	9,2593	55,96%	7,7	0,00464
12:57	2 h	7200	24,2	1,0428	1,00313	9,3223	54,51%	7,8	0,00333
14:57	4 h	14400	24,0	1,0420	1,00317	9,3648	53,35%	8,0	0,00238
18:57	8 h	28800	23,8	1,0410	1,00321	9,4075	51,93%	8,1	0,00171
10:57	24 h	86400	24,6	1,0385	1,00305	9,2385	48,71%	8,6	0,00100

Tabela A2.3. Ensaio de granulometria com sedimentação da amostra P03-LV

P03-LV	Umidade Higroscópica			Massa específica dos grãos < # 2mm			
Cápsula n°	5015	4172	32,3	D _t	2,6006	2,5878	2,5920
Tara (g)	10,98	19,83	16,82	Temperatura	22,3	22,3	22,2
Tara + SH (g)	76,27	72,29	74,23	ρ _w (g/cm³)	0,9977	0,9977	0,9977
Tara + SS (g)	67,98	65,91	66,82	k ₂₀	0,9995	0,9995	0,9995
Umidade (%)	14,5%	13,8%	14,8%	D ₂₀	2,5992	2,5864	2,5907
W (%)		14,4%		D₂₀		2,5921	

Peneiramento Grosso				
M_T (g) =	1160	M_g (g) =	12,417	M_s (g) = 1015,584
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido	M _r (g) Solo ret. Acum.	Q _s (%), material passante
2"	50,8	0,000	0,000	100,00%
1 1/2"	38,1	0,000	0,000	100,00%
1"	25,4	0,000	0,000	100,00%
3/4"	19,1	0,000	0,000	100,00%
3/8"	9,5	0,000	0,000	100,00%
4	4,76	5,631	5,631	99,45%
10	2,00	6,786	12,417	98,78%
Fundo	--	1003,167	1015,584	-

Peneiramento Fino				
M_U (g) =	124,785	M_s (g) =	109,082	N (%) = 98,78%
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido	M _r (g) Solo ret. Acum.	Q _f (%), material passante
16	1,19	0,066	0,066	98,72%
30	0,59	1,309	1,375	97,53%
40	0,42	3,016	4,391	94,80%
60	0,25	11,022	15,413	84,82%
100	0,149	7,735	23,148	77,82%
200	0,074	6,505	29,653	71,93%
Fundo	--		29,653	-

Sedimentação									
M_w (g)	124,785	Densímetro	28482/10	V (cm³)	1000	D₂₀	2,592		
Hora	Tempo	t (s)	T (°C)	L	L _d	μ (10 ⁻⁶ g.s/cm²)	Q _s	a (cm)	d (mm)
11:07	30 s	30	24,5	1,0500	1,00307	9,2593	68,94%	7,4	0,05084
11:08	1 min	60	24,5	1,0490	1,00307	9,2593	67,47%	7,6	0,03636
11:09	2 min	120	24,5	1,0476	1,00307	9,2593	65,41%	7,8	0,02611
11:11	4 min	240	24,5	1,0460	1,00307	9,2593	63,06%	7,3	0,01783
11:15	8 min	480	24,5	1,0442	1,00307	9,2593	60,42%	7,6	0,01287
11:22	15 min	900	24,5	1,0428	1,00307	9,2593	58,36%	7,8	0,00954
11:37	30 min	1800	24,5	1,0410	1,00307	9,2593	55,72%	8,1	0,00688
12:07	1 h	3600	24,5	1,0390	1,00307	9,2593	52,78%	8,5	0,00496
13:07	2 h	7200	24,2	1,0370	1,00313	9,3223	49,76%	8,8	0,00359
15:07	4 h	14400	24,0	1,0345	1,00317	9,3648	46,02%	9,2	0,00261
19:07	8 h	28800	23,8	1,0330	1,00321	9,4075	43,76%	9,5	0,00187
11:07	24 h	86400	24,6	1,0300	1,00305	9,2385	39,59%	10,0	0,00110

Caracterização geotécnica de solos na região do Taquari-DF

Apêndices

Tabela A2.4. Ensaio de granulometria com sedimentação da amostra P04-LVA

P04-LVA	Umidade Higroscópica			Massa específica dos grãos < # 2mm			
Cápsula nº	42	5012	5025	D _t	2,6637	2,6770	2,6665
Tara (g)	11,40	10,24	9,55	Temperatura	23,9	24,2	24,4
Tara + SH (g)	60,20	60,89	64,36	ρ _w (g/cm³)	0,9973	0,9972	0,9972
Tara + SS (g)	55,33	55,92	58,93	k ₂₀	0,9991	0,9990	0,9990
Umidade (%)	11,1%	10,9%	11,0%	D ₂₀	2,6612	2,6743	2,6637
W (%)	11,0%			D ₂₀	2,6664		

Peneiramento Grosso

M _T (g) =	1020	M _g (g) =	27,687	M _s (g) =	921,731
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido	M _r (g) Solo ret. Acum.	Q _s (%), material passante	
2"	50,8	0,000	0,000	100,00%	
1 1/2"	38,1	0,000	0,000	100,00%	
1"	25,4	0,000	0,000	100,00%	
3/4"	19,1	0,000	0,000	100,00%	
3/8"	9,5	0,000	0,000	100,00%	
4	4,76	6,767	6,767	99,27%	
10	2,00	20,920	27,687	97,00%	
Fundo	--	894,044	921,731	-	

Peneiramento Fino

M _U (g) =	98,750	M _S (g) =	88,971	N (%) =	97,00%
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido	M _r (g) Solo ret. Acum.	Q _F (%), material passante	
16	1,19	0,000	0,000	97,00%	
30	0,59	0,000	0,000	97,00%	
40	0,42	0,000	0,000	97,00%	
60	0,25	0,000	0,000	97,00%	
100	0,149	0,000	0,000	97,00%	
200	0,074	0,000	0,000	97,00%	
Fundo	--	0,000	0,000	-	

Sedimentação

M _w (g)	98,750	Densímetro	28481/10	V (cm³)	1000	D ₂₀	2,6664		
Hora	Tempo	t (s)	T (°C)	L	L _d	μ (10 ⁻⁶ g.s/cm²)	Q _s	a (cm)	d (mm)
09:07	30 s	30	24,5	1,0450	1,00307	9,2593	72,88%	8,4	0,05291
09:08	1 min	60	24,5	1,0430	1,00307	9,2593	69,41%	8,8	0,03816
09:09	2 min	120	24,5	1,0410	1,00307	9,2593	65,93%	9,1	0,02750
09:11	4 min	240	24,5	1,0385	1,00307	9,2593	61,59%	8,8	0,01914
09:15	8 min	480	24,5	1,0370	1,00307	9,2593	58,98%	9,1	0,01373
09:22	15 min	900	24,5	1,0355	1,00307	9,2593	56,37%	9,3	0,01017
09:37	30 min	1800	24,5	1,0340	1,00307	9,2593	53,76%	9,6	0,00728
10:07	1 h	3600	24,5	1,0330	1,00307	9,2593	52,02%	9,7	0,00520
11:07	2 h	7200	24,4	1,0312	1,00309	9,2802	48,86%	10,0	0,00374
13:07	4 h	14400	24,5	1,0299	1,00307	9,2593	46,64%	10,3	0,00267
17:07	8 h	28800	24,0	1,0270	1,00317	9,3648	41,42%	10,7	0,00194
09:07	24 h	86400	22,5	1,0260	1,00347	9,6941	39,17%	10,9	0,00115

Tabela A2.5. Ensaio de granulometria com sedimentação da amostra P05-LVA

P05-LVA	Umidade Higroscópica			Massa específica dos grãos < # 2mm			
Cápsula nº	7	38	99	D _t	2,6694	2,7190	2,7235
Tara (g)	41,80	41,87	41,52	Temperatura	23,8	23,2	22,8
Tara + SH (g)	100,66	98,23	99,38	ρ_w (g/cm ³)	0,9973	0,9975	0,9976
Tara + SS (g)	97,97	95,45	96,60	k ₂₀	0,9991	0,9993	0,9994
Umidade (%)	4,8%	5,2%	5,0%	D ₂₀	2,6670	2,7170	2,7217
W (%)		5,0%		D ₂₀		2,7194	

Peneiramento Grosso				
M _T (g) =	1020	M _g (g) =	18,889	M _s (g) = 972,224
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido	M _r (g) Solo ret. Acum.	Q _s (%), material passante
2"	50,8	0,000	0,000	100,00%
1 1/2"	38,1	0,000	0,000	100,00%
1"	25,4	0,000	0,000	100,00%
3/4"	19,1	0,000	0,000	100,00%
3/8"	9,5	0,000	0,000	100,00%
4	4,76	1,657	1,657	99,83%
10	2,00	17,232	18,889	98,06%
Fundo	--	953,335	972,224	-

Peneiramento Fino				
M _U (g) =	94,170	M _s (g) =	89,676	N (%) = 98,06%
Peneira		Solo retido	M _r (g) Solo ret. Acum.	Q _f (%), material passante
16	1,19	0,342	0,342	97,68%
30	0,59	1,583	1,925	95,95%
40	0,42	1,929	3,854	93,84%
60	0,25	6,295	10,149	86,96%
100	0,149	15,705	25,854	69,79%
200	0,074	15,480	41,334	52,86%
Fundo	--		41,334	-

Sedimentação									
M _w (g)	94,170	Densímetro	28476/10	V (cm ³)	1000		D ₂₀		2,7194
Hora	Tempo	t (s)	T (°C)	L	L _d	μ (10 ⁻⁶ g.s/cm ²)	Q _s	a (cm)	d (mm)
08:24	30 s	30	25,0	1,0325	1,00307	9,1560	50,72%	10,2	0,05694
08:25	1 min	60	25,0	1,0310	1,00307	9,1560	48,13%	10,4	0,04077
08:26	2 min	120	25,0	1,0295	1,00307	9,1560	45,55%	10,7	0,02918
08:28	4 min	240	25,0	1,0290	1,00307	9,1560	44,68%	10,0	0,01995
08:32	8 min	480	25,0	1,0290	1,00307	9,1560	44,68%	10,0	0,01411
08:39	15 min	900	25,0	1,0285	1,00307	9,1560	43,82%	10,1	0,01035
08:54	30 min	1800	25,0	1,0285	1,00307	9,1560	43,82%	10,1	0,00732
09:24	1 h	3600	24,9	1,0280	1,00309	9,1765	42,93%	10,2	0,00520
10:24	2 h	7200	24,9	1,0270	1,00309	9,1765	41,20%	10,3	0,00371
12:24	4 h	14400	25,0	1,0260	1,00307	9,1560	39,51%	10,5	0,00264
16:24	8 h	28800	25,1	1,0250	1,00305	9,1356	37,82%	10,7	0,00188
08:24	24 h	86400	23,0	1,0232	1,00347	9,5821	34,01%	11,0	0,00113

Caracterização geotécnica de solos na região do Taquari-DF

Apêndices

Tabela A2.6. Ensaio de granulometria com sedimentação da amostra P06-LVA

P06-LVA	Umidade Higroscópica			Massa específica dos grãos < # 2mm			
Cápsula nº	112	131	201	D _t	2,6670	2,6629	2,6712
Tara (g)	16,65	12,58	9,69	Temperatura	22,4	22,1	21,9
Tara + SH (g)	83,88	76,73	46,61	ρ _w (g/cm³)	0,9977	0,9978	0,9978
Tara + SS (g)	81,84	74,84	45,58	k ₂₀	0,9994	0,9995	0,9996
Umidade (%)	3,1%	3,0%	2,9%	D ₂₀	2,6655	2,6616	2,6700
W (%)		3,0%		D ₂₀		2,6657	

Peneiramento Grosso

M _r (g)	1030	M _g (g) =	25,365	M _s (g)	1000,667
=				=	
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido	M _r (g) Solo ret. Acum.	Q _s (%), material passante	
2"	50,8	0,000	0,000	100,00%	
1 1/2"	38,1	0,000	0,000	100,00%	
1"	25,4	0,000	0,000	100,00%	
3/4"	19,1	0,000	0,000	100,00%	
3/8"	9,5	0,000	0,000	100,00%	
4	4,76	8,045	8,045	99,20%	
10	2,00	17,320	25,365	97,47%	
Fundo	--	975,302	1000,667	-	

Peneiramento Fino

M _U (g) =	104,246	M _S (g) =	101,202	N (%) = 97,47%	
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido	M _r (g) Solo ret. Acum.	Q _f (%), material passante	
16	1,19	1,024	1,024	96,48%	
30	0,59	1,044	2,068	95,47%	
40	0,42	1,040	3,108	94,47%	
60	0,25	12,308	15,416	82,62%	
100	0,149	40,662	56,078	43,46%	
200	0,074	19,304	75,382	24,87%	
Fundo	--		75,382	-	

Sedimentação

M _w (g)	104,246	Densímetro		28476/10	V (cm³)	1000	D ₂₀		
Hora	Tempo	t (s)	T (°C)	L	L _d	μ (10 ⁻⁶ g.s/cm²)	Q _s	a (cm)	d (mm)
08:29	30 s	30	23,5	1,0195	1,00337	9,4723	24,77%	12,4	0,06493
08:30	1 min	60	23,5	1,0178	1,00337	9,4723	22,16%	12,7	0,04645
08:31	2 min	120	23,5	1,0170	1,00337	9,4723	20,93%	12,8	0,03302
08:33	4 min	240	23,5	1,0168	1,00337	9,4723	20,63%	12,1	0,02266
08:37	8 min	480	23,5	1,0165	1,00337	9,4723	20,16%	12,1	0,01605
08:44	15 min	900	24,0	1,0165	1,00327	9,3648	20,32%	12,1	0,01166
08:59	30 min	1800	24,0	1,0165	1,00327	9,3648	20,32%	12,1	0,00824
09:29	1 h	3600	24,9	1,0162	1,00309	9,1765	20,13%	12,2	0,00578
10:29	2 h	7200	24,9	1,0160	1,00309	9,1765	19,82%	12,2	0,00409
12:29	4 h	14400	25,0	1,0158	1,00307	9,1560	19,55%	12,2	0,00290
16:29	8 h	28800	25,1	1,0150	1,00305	9,1356	18,35%	12,4	0,00206
08:29	24 h	86400	23,0	1,0150	1,00347	9,5821	17,71%	12,4	0,00122

Tabela A2.7. Ensaio de granulometria com sedimentação da amostra P07-Hi

P07-Hi	Umidade Higroscópica			Massa específica dos grãos < # 2mm			
Cápsula nº	508	6061	6084	D _t	2,3042	2,2887	2,2909
Tara (g)	23,90	12,24	12,65	Temperatura	22,7	22,6	22,8
Tara + SH (g)	75,96	63,03	63,52	ρ _w (g/cm³)	0,9976	0,9976	0,9976
Tara + SS (g)	74,10	61,20	61,79	k ₂₀	0,9994	0,9994	0,9994
Umidade (%)	3,7%	3,7%	3,5%	D ₂₀ (g/cm³) =	2,3028	2,2873	2,2894
W (%)		3,7%		D ₂₀ (g/cm³) =		2,2932	

Peneiramento Grosso				
M _T (g)	1010	M _g (g)	6,949	M _s (g) = 974,642
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido	M _r (g) Solo ret. Acum.	Q _s (%), material passante
2"	50,8	0,000	0,000	100,00%
1 1/2"	38,1	0,000	0,000	100,00%
1"	25,4	0,000	0,000	100,00%
3/4"	19,1	0,000	0,000	100,00%
3/8"	9,5	0,000	0,000	100,00%
4	4,76	4,883	4,883	99,50%
10	2,00	2,066	6,949	99,29%
Fundo	--	967,693	974,642	-

Peneiramento Fino				
M _U (g) =	72,910	M _S (g) =	70,340	N (%) = 99,29%
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido	M _r (g) Solo ret. Acum.	Q _f (%), material passante
16	1,19	0,058	0,058	99,21%
30	0,59	0,014	0,072	99,19%
40	0,42	0,194	0,266	98,91%
60	0,25	0,679	0,945	97,95%
100	0,149	2,853	3,798	93,93%
200	0,074	10,912	14,710	78,52%
Fundo	--	0,285	14,995	-

Sedimentação									
M _U (g)	72,910	Densímetro		28478/10	V (cm³)	1000	D ₂₀		
Hora	Tempo	t (s)	T (°C)	L	L _d	μ (10 ⁻⁶ g.s/cm²)	Q _s	a (cm)	d (mm)
09:08	30 s	30	24,5	1,0310	1,00417	9,2593	66,90%	11,2	0,06937
09:09	1 min	60	24,5	1,0280	1,00417	9,2593	59,42%	11,7	0,05016
09:10	2 min	120	24,5	1,0245	1,00417	9,2593	50,69%	12,3	0,03635
09:12	4 min	240	24,5	1,0210	1,00417	9,2593	41,97%	12,1	0,02549
09:16	8 min	480	24,5	1,0185	1,00417	9,2593	35,73%	12,6	0,01834
09:23	15 min	900	24,5	1,0170	1,00417	9,2593	31,99%	12,8	0,01353
09:38	30 min	1800	24,5	1,0150	1,00417	9,2593	27,01%	13,1	0,00969
10:08	1 h	3600	24,5	1,0141	1,00417	9,2593	24,76%	13,3	0,00689
11:08	2 h	7200	24,5	1,0130	1,00417	9,2593	22,02%	13,5	0,00491
13:08	4 h	14400	24,7	1,0121	1,00413	9,2178	19,88%	13,6	0,00348
17:08	8 h	28800	25,4	1,0110	1,00399	9,0748	17,48%	13,8	0,00246
09:08	24 h	86400	24,5	1,0098	1,00417	9,2593	14,04%	14,0	0,00145

Caracterização geotécnica de solos na região do Taquari-DF

Apêndices

Tabela A2.8. Ensaio de granulometria com sedimentação da amostra P08-Hi

P08-Hi	Umidade Higroscópica			Massa específica dos grãos < # 2mm			
Cápsula n°	23	4209	301	D_t	2,2756	2,2878	2,2875
Tara (g)	20,31	13,33	9,63	Temperatura	23,1	23,3	23,0
Tara + SH (g)	72,37	64,22	61,22	ρ_w (g/cm ³)	0,9975	0,9975	0,9975
Tara + SS (g)	70,50	62,38	59,44	k ₂₀	0,9993	0,9992	0,9993
Umidade (%)	3,7%	3,8%	3,6%	D ₂₀	2,2740	2,2860	2,2859
W (%)	3,7%			D₂₀	2,2820		

Peneiramento Grosso

M_T (g) =	1000	M_g (g) =	6,752	M_s (g) =	964,668
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido	M _r (g) Solo ret. Acum.	Q _s (%), material passante	
2"	50,8	0,000	0,000	100,00%	
1 1/2"	38,1	0,000	0,000	100,00%	
1"	25,4	0,000	0,000	100,00%	
3/4"	19,1	0,000	0,000	100,00%	
3/8"	9,5	0,000	0,000	100,00%	
4	4,76	5,476	5,476	99,43%	
10	2,00	1,276	6,752	99,30%	
Fundo	--	957,916	964,668	-	

Peneiramento Fino

M_U (g) =	78,360	M_S (g) =	75,573	N (%) =	99,30%
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido	M _r (g) Solo ret. Acum.	Q _f (%), material passante	
16	1,19	0,036	0,036	99,25%	
30	0,59	0,143	0,179	99,06%	
40	0,42	0,139	0,318	98,88%	
60	0,25	0,475	0,793	98,26%	
100	0,149	2,979	3,772	94,34%	
200	0,074	11,827	15,599	78,80%	
Fundo	--	0,299	15,898	-	

Sedimentação

M _U (g)	78,360	Densímetro		28478/10	V (cm³)	1000	D ₂₀		2,282
Hora	Tempo	t (s)	T (°C)	L	L _d	μ (10 ⁻⁶ g.s/cm²)	Q _s	a (cm)	d (mm)
09:39	30 s	30	24,5	1,0385	1,00417	9,2593	79,98%	10,0	0,06560
09:40	1 min	60	24,5	1,0305	1,00417	9,2593	61,34%	11,3	0,04945
09:41	2 min	120	24,5	1,0265	1,00417	9,2593	52,03%	12,0	0,03601
09:43	4 min	240	24,5	1,0231	1,00417	9,2593	44,11%	11,8	0,02522
09:47	8 min	480	24,5	1,0205	1,00417	9,2593	38,05%	12,2	0,01817
09:54	15 min	900	24,5	1,0182	1,00417	9,2593	32,69%	12,6	0,01348
10:09	30 min	1800	24,5	1,0165	1,00417	9,2593	28,73%	12,9	0,00964
10:39	1 h	3600	24,5	1,0150	1,00417	9,2593	25,24%	13,1	0,00688
11:39	2 h	7200	24,5	1,0135	1,00417	9,2593	21,74%	13,4	0,00491
13:39	4 h	14400	24,9	1,0123	1,00409	9,1765	19,13%	13,6	0,00349
17:39	8 h	28800	25,4	1,0110	1,00399	9,0748	16,34%	13,8	0,00247
09:39	24 h	86400	24,5	1,0099	1,00417	9,2593	13,35%	14,0	0,00145

Tabela A2.9. Ensaio de granulometria com sedimentação da amostra P09-CX

P09-CX	Umidade Higroscópica			Massa específica dos grãos < # 2mm			
Cápsula nº	30	4023	5015	D _t	2,6514	2,6863	2,6887
Tara (g)	9,57	9,06	10,94	Temperatura	23,4	23,0	22,8
Tara + SH (g)	61,25	63,78	63,79	ρ _w (g/cm³)	0,9974	0,9975	0,9976
Tara + SS (g)	60,81	63,32	63,32	k ₂₀	0,9992	0,9993	0,9994
Umidade (%)	0,9%	0,8%	0,9%	D ₂₀	2,6493	2,6844	2,6870
W (%)		0,9%		D ₂₀		2,6857	

Peneiramento Grosso				
M _T (g)	2000	M _g (g)	893,63	M _s (g) = 1990,43
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido	M _r (g) Solo ret. Acum.	Q _s (%), material passante
2"	50,8	0,00	0,00	100,00%
1 1/2"	38,1	0,00	0,00	100,00%
1"	25,4	0,00	0,00	100,00%
3/4"	19,1	45,45	45,45	97,72%
3/8"	9,5	139,22	184,68	90,72%
4	4,76	372,36	557,04	72,01%
10	2,00	336,59	893,63	55,10%
Fundo	--	10,02	903,65	-

Peneiramento Fino				
M _U (g) =	120,219	M _s (g) =	119,179	N (%) = 55,10%
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido	M _r (g) Solo ret. Acum.	Q _f (%), material passante
16	1,19	4,731	4,731	52,92%
30	0,59	3,155	7,886	51,46%
40	0,42	1,631	9,517	50,70%
60	0,25	2,257	11,774	49,66%
100	0,149	11,627	23,401	44,28%
200	0,074	27,906	51,307	31,38%
Fundo	--	2,204	53,511	-

Sedimentação									
M _U (g)	120,219	Densímetro	28474/10	V (cm³)	1000	D ₂₀			2,6857
Hora	Tempo	t (s)	T (°C)	L	L _d	μ (10 ⁻⁶ g.s/cm²)	Q _s	a (cm)	d (mm)
09:12	30 s	30	24,5	1,0320	1,00277	9,2593	21,45%	11,3	0,06089
09:13	1 min	60	24,5	1,0282	1,00277	9,2593	18,67%	11,9	0,04421
09:14	2 min	120	24,5	1,0242	1,00277	9,2593	15,73%	12,5	0,03209
09:16	4 min	240	24,5	1,0215	1,00277	9,2593	13,75%	12,3	0,02245
09:20	8 min	480	24,5	1,0198	1,00277	9,2593	12,50%	12,5	0,01605
09:27	15 min	900	24,3	1,0172	1,00281	9,3012	10,56%	12,9	0,01194
09:42	30 min	1800	24,3	1,0166	1,00281	9,3012	10,12%	13,0	0,00848
10:12	1 h	3600	24,4	1,0158	1,00279	9,2802	9,55%	13,2	0,00602
11:12	2 h	7200	24,5	1,0142	1,00277	9,2593	8,39%	13,4	0,00429
13:12	4 h	14400	24,8	1,0131	1,00271	9,1971	7,62%	13,6	0,00304
17:12	8 h	28800	24,5	1,0122	1,00277	9,2593	6,92%	13,7	0,00217
09:12	24 h	86400	24,0	1,0113	1,00287	9,3648	6,19%	13,9	0,00127

Caracterização geotécnica de solos na região do Taquari-DF

Apêndices

Tabela A2.10. Ensaio de granulometria com sedimentação da amostra P10-CX

P10-CX	Umidade Higroscópica			Massa específica dos grãos < # 2mm			
Cápsula nº	5007	4002	8	D _t	2,6068	2,6321	2,6317
Tara (g)	10,57	10,67	9,68	Temperatura	22,6	22,2	22,1
Tara + SH (g)	62,24	54,02	64,80	ρ _w (g/cm³)	0,9976	0,9977	0,9978
Tara + SS (g)	61,63	53,50	64,14	k ₂₀	0,9994	0,9995	0,9995
Umidade (%)	1,2%	1,2%	1,2%	D ₂₀	2,6052	2,6308	2,6304
W (%)		1,2%		D ₂₀		2,6306	

Peneiramento Grosso

M _T (g)	2080	M _g (g) =	820,61	M _s (g)	2064,92
=				=	
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido	M _r (g) Solo ret. Acum.	Q _s (%)	material passante
2"	50,8	0,00	0,00	100,00%	
1 1/2"	38,1	0,00	0,00	100,00%	
1"	25,4	0,00	0,00	100,00%	
3/4"	19,1	21,21	21,21	98,97%	
3/8"	9,5	9,40	30,61	98,52%	
4	4,76	373,00	403,61	80,45%	
10	2,00	417,00	820,61	60,26%	
Fundo	--	1244,32	2064,92	-	

Peneiramento Fino

M _U (g) =	74,36	M _S (g) =	73,47	N (%) =	60,26%
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido	M _r (g) Solo ret. Acum.	Q _f (%)	material passante
16	1,19		0,00	60,26%	
30	0,59		0,00	60,26%	
40	0,42		0,00	60,26%	
60	0,25		0,00	60,26%	
100	0,149		0,00	60,26%	
200	0,074		0,00	60,26%	
Fundo	--		0,00	-	

Sedimentação

M _w (g)	74,359	Densímetro	28481/10	V (cm³)	1000	D ₂₀	2,631		
Hora	Tempo	t (s)	T (°C)	L	L _d	μ (10 ⁻⁶ g.s/cm²)	Q _s	a (cm)	d (mm)
09:17	30 s	30	24,5	1,0270	1,00307	9,2593	31,55%	11,4	0,06240
09:18	1 min	60	24,5	1,0225	1,00307	9,2593	25,62%	12,2	0,04556
09:19	2 min	120	24,5	1,0190	1,00307	9,2593	21,00%	12,8	0,03299
09:21	4 min	240	24,5	1,0170	1,00307	9,2593	18,36%	12,4	0,02299
09:25	8 min	480	24,5	1,0160	1,00307	9,2593	17,05%	12,6	0,01637
09:32	15 min	900	24,5	1,0145	1,00307	9,2593	15,07%	12,9	0,01207
09:47	30 min	1800	24,5	1,0140	1,00307	9,2593	14,41%	12,9	0,00856
10:17	1 h	3600	24,5	1,0135	1,00307	9,2593	13,75%	13,0	0,00608
11:17	2 h	7200	24,4	1,0130	1,00309	9,2802	13,06%	13,1	0,00431
13:17	4 h	14400	24,5	1,0120	1,00307	9,2593	11,77%	13,3	0,00307
17:17	8 h	28800	24,0	1,0120	1,00317	9,3648	11,64%	13,3	0,00218
09:17	24 h	86400	22,5	1,0118	1,00347	9,6941	10,98%	13,3	0,00128

Tabela A2.11. Ensaio de granulometria com sedimentação da amostra P11-CX

P11-CX	Umidade Higroscópica			Massa específica dos grãos < # 2mm			
Cápsula nº	4009	20	4014	D _t	2,5824	2,6123	2,6074
Tara (g)	10,16	10,28	10,32	Temperatura	21,3	21,6	21,5
Tara + SH (g)	71,45	70,17	61,15	ρ _w (g/cm ³)	0,9979	0,9979	0,9979
Tara + SS (g)	70,40	69,19	60,26	k ₂₀	0,9997	0,9996	0,9997
Umidade (%)	1,7%	1,7%	1,8%	D ₂₀	2,5816	2,6113	2,6065
W (%)		1,7%		D ₂₀		2,6089	

Peneiramento Grosso				
M _T (g) =	1070	M _g (g) =	31,16	M _s (g) = 1052,322
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido	M _r (g) Solo ret. Acum.	Q _s (%), material passante
2"	50,8	0,000	0,000	100,00%
1 1/2"	38,1	0,000	0,000	100,00%
1"	25,4	0,000	0,000	100,00%
3/4"	19,1	0,000	0,000	100,00%
3/8"	9,5	4,561	4,561	99,57%
4	4,76	12,131	16,692	98,41%
10	2,00	14,465	31,157	97,04%
Fundo	--	1021,165	1052,322	-

Peneiramento Fino				
M _U (g) =	122,917	M _s (g) =	120,825	N (%) = 97,04%
Peneira	Abertura (mm)	Solo retido	M _r (g) Solo ret. Acum.	Q _r (%), material passante
16	1,19		0,000	97,04%
30	0,59		0,000	97,04%
40	0,42		0,000	97,04%
60	0,25		0,000	97,04%
100	0,149		0,000	97,04%
200	0,074		0,000	97,04%
Fundo	--		0,000	-

Sedimentação									
M _w (g)	122,917	Densímetro	28481/10	V (cm ³)	1000	D ₂₀			2,609
Hora	Tempo	t (s)	T (°C)	L	L _d	μ (10 ⁻⁶ g.s/cm ²)	Q _s	a (cm)	d (mm)
09:27	30 s	30	24,5	1,0140	1,00307	9,2593	14,18%	13,6	0,06857
09:28	1 min	60	24,5	1,0130	1,00307	9,2593	12,88%	13,8	0,04878
09:29	2 min	120	24,5	1,0110	1,00307	9,2593	10,29%	14,1	0,03491
09:31	4 min	240	24,5	1,0090	1,00307	9,2593	7,69%	13,8	0,02437
09:35	8 min	480	24,5	1,0090	1,00307	9,2593	7,69%	13,8	0,01723
09:42	15 min	900	24,5	1,0082	1,00307	9,2593	6,65%	13,9	0,01265
09:57	30 min	1800	24,5	1,0080	1,00307	9,2593	6,39%	14,0	0,00895
10:27	1 h	3600	24,5	1,0080	1,00307	9,2593	6,39%	14,0	0,00633
11:27	2 h	7200	24,4	1,0072	1,00309	9,2802	5,33%	14,1	0,00450
13:27	4 h	14400	24,5	1,0070	1,00307	9,2593	5,10%	14,1	0,00318
17:27	8 h	28800	24,0	1,0070	1,00317	9,3648	4,97%	14,1	0,00226
09:27	24 h	86400	22,5	1,0070	1,00347	9,6941	4,58%	14,1	0,00133

APÊNDICE A3. RELATÓRIOS DE CÁLCULO DO PENTAPYC**Tabela A3.1.** Relatórios de Cálculo do Pentapyc para a amostra P01-LV

P01-LV		
Fri Jun 15 10:03:32 2018	Fri Jun 15 10:18:25 2018	Fri Jun 15 10:33:02 2018
User ID:	User ID:	User ID:
<u>Sample Parameters</u>	<u>Sample Parameters</u>	<u>Sample Parameters</u>
Sample ID: 1	Sample ID: 2	Sample ID: 4
Weight: 22,8242 g	Weight: 22,6114 g	Weight: 22,6179 g
Analysis Parameters	Analysis Parameters	Analysis Parameters
Cell Size – Medium	Cell Size – Medium	Cell Size – Medium
V Added – Large: 80,3382 cc	V Added – Large: 80,3382 cc	V Added – Large: 80,3382 cc
V Cell: 60,2615 cc	V Cell: 60,1954 cc	V Cell: 60,1954 cc
Analysis Temperature: 23,6 C	Analysis Temperature: 23,3 C	Analysis Temperature: 23,0 C
Target Pressure: 17,0 psig	Target Pressure: 17,0 psig	Target Pressure: 17,0 psig
Type of gas used: HELIUM	Type of gas used: HELIUM	Type of gas used: HELIUM
Equilibration Time: Auto	Equilibration Time: Auto	Equilibration Time: Auto
Flow Purge: 1,0 min	Flow Purge: 1,0 min	Flow Purge: 1,0 min
Maximum Runs: 6	Maximum Runs: 6	Maximum Runs: 6
Number of Runs Averaged: 3	Number of Runs Averaged: 3	Number of Runs Averaged: 3
Dev. Requested: 0,0050%	Dev. Requested: 0,0050%	Dev. Requested: 0,0050%
<u>Analysis Results</u>	<u>Analysis Results</u>	<u>Analysis Results</u>
Dev. Achieved: 0,0986%	Dev. Achieved: 0,0461%	Dev. Achieved: 0,0565%
Average Volume: 8,6105 cc	Average Volume: 8,5623 cc	Average Volume: 8,5094 cc
Volume Std. Dev.: 0,0099 cc	Volume Std. Dev.: 0,0043 cc	Volume Std. Dev.: 0,0051 cc
Average Density: 2,6507 g/cc	Average Density: 2,6408 g/cc	Average Density: 2,6580 g/cc
Density Std. Dev.: 0,0031 g/cc	Density Std. Dev.: 0,0013 g/cc	Density Std. Dev.: 0,0016 g/cc
Coefficient of Var.: 0,1152%	Coefficient of Var.: 0,0498%	Coefficient of Var.: 0,0604%
<u>Run Data</u>		
Run	Volume (cc)	Density (g/cc)
1	8,5231	2,6779
2	8,5577	2,6671
3	8,5794	2,6604
4	8,5978	2,6547
5	8,6118	2,6503
6	8,6220	2,6472
<u>Run Data</u>		
Run	Volume (cc)	Density (g/cc)
1	8,4497	2,6760
2	8,5149	2,6555
3	8,5446	2,6463
4	8,5564	2,6426
5	8,5663	2,6396
6	8,5643	2,6402
<u>Run Data</u>		
Run	Volume (cc)	Density (g/cc)
1	8,4393	2,6801
2	8,4737	2,6692
3	8,4965	2,6620
4	8,5022	2,6603
5	8,5122	2,6571
6	8,5138	2,6566

Tabela A3.2. Relatórios de Cálculo do Pentapyc para a amostra P02-LV

P02-LV								
Fri Jun 15 12:58:10 2018			Fri Jun 15 13:13:20 2018			Fri Jun 15 13:28:01 2018		
User ID:			User ID:			User ID:		
<u>Sample Parameters</u>			<u>Sample Parameters</u>			<u>Sample Parameters</u>		
Sample ID: 1			Sample ID: 2			Sample ID: 4		
Weight: 22,8101 g			Weight: 23,1052 g			Weight: 22,8150 g		
Analysis Parameters			Analysis Parameters			Analysis Parameters		
Cell Size – Medium			Cell Size – Medium			Cell Size – Medium		
V Added – Large: 80,3382 cc			V Added – Large: 80,3382 cc			V Added – Large: 80,3382 cc		
V Cell: 60,2615 cc			V Cell: 60,1954 cc			V Cell: 60,1954 cc		
Analysis Temperature: 22,3 C			Analysis Temperature: 22,1 C			Analysis Temperature: 21,9 C		
Target Pressure: 17,0 psig			Target Pressure: 17,0 psig			Target Pressure: 17,0 psig		
Type of gas used: HELIUM			Type of gas used: HELIUM			Type of gas used: HELIUM		
Equilibration Time: Auto			Equilibration Time: Auto			Equilibration Time: Auto		
Flow Purge: 1,0 min			Flow Purge: 1,0 min			Flow Purge: 1,0 min		
Maximum Runs: 6			Maximum Runs: 6			Maximum Runs: 6		
Number of Runs Averaged: 3			Number of Runs Averaged: 3			Number of Runs Averaged: 3		
Dev. Requested: 0,0050%			Dev. Requested: 0,0050%			Dev. Requested: 0,0050%		
<u>Analysis Results</u>			<u>Analysis Results</u>			<u>Analysis Results</u>		
Dev. Achieved: 0,0799%			Dev. Achieved: 0,0319%			Dev. Achieved: 0,0183%		
Average Volume: 8,7246 cc			Average Volume: 8,7260 cc			Average Volume: 8,6367 cc		
Volume Std. Dev.: 0,0075 cc			Volume Std. Dev.: 0,0030 cc			Volume Std. Dev.: 0,0017 cc		
Average Density: 2,6145 g/cc			Average Density: 2,6478 g/cc			Average Density: 2,6416 g/cc		
Density Std. Dev.: 0,0022 g/cc			Density Std. Dev.: 0,0009 g/cc			Density Std. Dev.: 0,0005 g/cc		
Coefficient of Var.: 0,0860%			Coefficient of Var.: 0,0340%			Coefficient of Var.: 0,0201%		
<u>Run Data</u>			<u>Run Data</u>			<u>Run Data</u>		
Run	Volume (cc)	Density (g/cc)	Run	Volume (cc)	Density (g/cc)	Run	Volume (cc)	Density (g/cc)
1	8,7608	2,6036	1	8,6994	2,6559	1	8,6964	2,6235
2	8,7516	2,6064	2	8,7119	2,6522	2	8,6795	2,6286
3	8,7497	2,6070	3	8,7346	2,6453	3	8,6465	2,6386
4	8,7351	2,6113	4	8,7235	2,6486	4	8,6384	2,6411
5	8,7178	2,6165	5	8,7302	2,6466	5	8,6373	2,6414
6	8,7209	2,6156	6	8,7244	2,6484	6	8,6343	2,6424

Caracterização geotécnica de solos na região do Taquari-DF

Apêndices

Tabela A3.3. Relatórios de Cálculo do Pentapyc para a amostra P03-LV

P03-LV								
Fri Jun 15 14:38:12 2018			Fri Jun 15 14:53:17 2018			Fri Jun 15 15:08:03 2018		
User ID:			User ID:			User ID:		
<u>Sample Parameters</u>			<u>Sample Parameters</u>			<u>Sample Parameters</u>		
Sample ID: 1			Sample ID: 2			Sample ID: 4		
Weight: 21,5822 g			Weight: 23,8479 g			Weight: 21,6535 g		
Analysis Parameters			Analysis Parameters			Analysis Parameters		
Cell Size – Medium			Cell Size – Medium			Cell Size – Medium		
V Added – Large: 80,3382 cc			V Added – Large: 80,3382 cc			V Added – Large: 80,3382 cc		
V Cell: 60,2615 cc			V Cell: 60,1954 cc			V Cell: 60,1954 cc		
Analysis Temperature: 22,3 C			Analysis Temperature: 22,3 C			Analysis Temperature: 22,2 C		
Target Pressure: 17,0 psig			Target Pressure: 17,0 psig			Target Pressure: 17,0 psig		
Type of gas used: HELIUM			Type of gas used: HELIUM			Type of gas used: HELIUM		
Equilibration Time: Auto			Equilibration Time: Auto			Equilibration Time: Auto		
Flow Purge: 1,0 min			Flow Purge: 1,0 min			Flow Purge: 1,0 min		
Maximum Runs: 6			Maximum Runs: 6			Maximum Runs: 6		
Number of Runs Averaged: 3			Number of Runs Averaged: 3			Number of Runs Averaged: 3		
Dev. Requested: 0,0050%			Dev. Requested: 0,0050%			Dev. Requested: 0,0050%		
<u>Analysis Results</u>			<u>Analysis Results</u>			<u>Analysis Results</u>		
Dev. Achieved: 0,0928%			Dev. Achieved: 0,0947%			Dev. Achieved: 0,0153%		
Average Volume: 8,2989 cc			Average Volume: 9,2156 cc			Average Volume: 8,3540 cc		
Volume Std. Dev.: 0,0087 cc			Volume Std. Dev.: 0,0100 cc			Volume Std. Dev.: 0,0015 cc		
Average Density: 2,6006 g/cc			Average Density: 2,5878 g/cc			Average Density: 2,5920 g/cc		
Density Std. Dev.: 0,0027 g/cc			Density Std. Dev.: 0,0028 g/cc			Density Std. Dev.: 0,0005 g/cc		
Coefficient of Var.: 0,1047%			Coefficient of Var.: 0,1083%			Coefficient of Var.: 0,0184%		
Run Data			Run Data			Run Data		
Run	Volume (cc)	Density (g/cc)	Run	Volume (cc)	Density (g/cc)	Run	Volume (cc)	Density (g/cc)
1	8,1745	2,6402	1	8,9764	2,6567	1	8,2704	2,6182
2	8,2341	2,6211	2	9,1147	2,6164	2	8,3141	2,6044
3	8,2659	2,6110	3	9,1728	2,5998	3	8,3967	2,5788
4	8,2874	2,6042	4	9,2025	2,5915	4	8,3521	2,5926
5	8,3010	2,5999	5	9,2176	2,5872	5	8,3539	2,5920
6	8,3083	2,5977	6	9,2267	2,5847	6	8,3559	2,5914

Tabela A3.4. Relatórios de Cálculo do Pentapyc para a amostra P04-LVA

P04-LVA								
Sat Jun 16 11:41:09 2018			Fri Jun 16 11:56:00 2018			Sat Jun 16 12:10:31 2018		
User ID:			User ID:			User ID:		
<u>Sample Parameters</u>			<u>Sample Parameters</u>			<u>Sample Parameters</u>		
Sample ID: 1			Sample ID: 2			Sample ID: 4		
Weight: 28,1162 g			Weight: 24,2699 g			Weight: 23,5828 g		
Analysis Parameters			Analysis Parameters			Analysis Parameters		
Cell Size – Medium			Cell Size – Medium			Cell Size – Medium		
V Added – Large: 80,3382 cc			V Added – Large: 80,3382 cc			V Added – Large: 80,3382 cc		
V Cell: 60,2615 cc			V Cell: 60,1954 cc			V Cell: 60,1954 cc		
Analysis Temperature: 23,9 C			Analysis Temperature: 24,2 C			Analysis Temperature: 24,4 C		
Target Pressure: 17,0 psig			Target Pressure: 17,0 psig			Target Pressure: 17,0 psig		
Type of gas used: HELIUM			Type of gas used: HELIUM			Type of gas used: HELIUM		
Equilibration Time: Auto			Equilibration Time: Auto			Equilibration Time: Auto		
Flow Purge: 1,0 min			Flow Purge: 1,0 min			Flow Purge: 1,0 min		
Maximum Runs: 6			Maximum Runs: 6			Maximum Runs: 6		
Number of Runs Averaged: 3			Number of Runs Averaged: 3			Number of Runs Averaged: 3		
Dev. Requested: 0,0050%			Dev. Requested: 0,0050%			Dev. Requested: 0,0050%		
<u>Analysis Results</u>			<u>Analysis Results</u>			<u>Analysis Results</u>		
Dev. Achieved: 0,0114%			Dev. Achieved: 0,0530%			Dev. Achieved: 0,0471%		
Average Volume: 10,5552 cc			Average Volume: 9,0662 cc			Average Volume: 8,8442 cc		
Volume Std. Dev.: 0,0013 cc			Volume Std. Dev.: 0,0058 cc			Volume Std. Dev.: 0,0046 cc		
Average Density: 2,6637 g/cc			Average Density: 2,6770 g/cc			Average Density: 2,6665 g/cc		
Density Std. Dev.: 0,0003 g/cc			Density Std. Dev.: 0,0017 g/cc			Density Std. Dev.: 0,0014 g/cc		
Coefficient of Var.: 0,0121%			Coefficient of Var.: 0,0638%			Coefficient of Var.: 0,0523%		
<u>Run Data</u>			<u>Run Data</u>			<u>Run Data</u>		
Run	Volume (cc)	Density (g/cc)	Run	Volume (cc)	Density (g/cc)	Run	Volume (cc)	Density (g/cc)
1	10,5476	2,6657	1	8,9306	2,7176	1	8,7843	2,6847
2	10,5585	2,6629	2	9,0139	2,6925	2	8,8111	2,6765
3	10,5507	2,6649	3	9,046	2,6829	3	8,8263	2,6719
4	10,5570	2,6633	4	9,0592	2,6790	4	8,8427	2,6669
5	10,5543	2,6640	5	9,0659	2,6770	5	8,8394	2,6679
6	10,5543	2,6640	6	9,0734	2,6748	6	8,8504	2,6646

Caracterização geotécnica de solos na região do Taquari-DF

Apêndices

Tabela A3.5. Relatórios de Cálculo do Pentapyc para a amostra P05-LVA

P05-LVA								
Sat Jun 16 13:21:44 2018			Sat Jun 16 13:36:45 2018			Sat Jun 16 13:51:24 2018		
User ID:			User ID:			User ID:		
<u>Sample Parameters</u>			<u>Sample Parameters</u>			<u>Sample Parameters</u>		
Sample ID: 1			Sample ID: 2			Sample ID: 4		
Weight: 25,8426 g			Weight: 22,0915 g			Weight: 23,8167 g		
Analysis Parameters			Analysis Parameters			Analysis Parameters		
Cell Size – Medium			Cell Size – Medium			Cell Size – Medium		
V Added – Large: 80,3382 cc			V Added – Large: 80,3382 cc			V Added – Large: 80,3382 cc		
V Cell: 60,2615 cc			V Cell: 60,1954 cc			V Cell: 60,1954 cc		
Analysis Temperature: 23,8 C			Analysis Temperature: 23,2 C			Analysis Temperature: 22,8 C		
Target Pressure: 17,0 psig			Target Pressure: 17,0 psig			Target Pressure: 17,0 psig		
Type of gas used: HELIUM			Type of gas used: HELIUM			Type of gas used: HELIUM		
Equilibration Time: Auto			Equilibration Time: Auto			Equilibration Time: Auto		
Flow Purge: 1,0 min			Flow Purge: 1,0 min			Flow Purge: 1,0 min		
Maximum Runs: 6			Maximum Runs: 6			Maximum Runs: 6		
Number of Runs Averaged: 3			Number of Runs Averaged: 3			Number of Runs Averaged: 3		
Dev. Requested: 0,0050%			Dev. Requested: 0,0050%			Dev. Requested: 0,0050%		
<u>Analysis Results</u>			<u>Analysis Results</u>			<u>Analysis Results</u>		
Dev. Achieved: 0,0227%			Dev. Achieved: 0,0368%			Dev. Achieved: 0,1536%		
Average Volume: 9,6810 cc			Average Volume: 8,1249 cc			Average Volume: 8,7449 cc		
Volume Std. Dev.: 0,0025 cc			Volume Std. Dev.: 0,0035 cc			Volume Std. Dev.: 0,0157 cc		
Average Density: 2,6694 g/cc			Average Density: 2,7190 g/cc			Average Density: 2,7235 g/cc		
Density Std. Dev.: 0,0007 g/cc			Density Std. Dev.: 0,0012 g/cc			Density Std. Dev.: 0,0049 g/cc		
Coefficient of Var.: 0,0253%			Coefficient of Var.: 0,0437%			Coefficient of Var.: 0,1793%		
<u>Run Data</u>			<u>Run Data</u>			<u>Run Data</u>		
Run	Volume (cc)	Density (g/cc)	Run	Volume (cc)	Density (g/cc)	Run	Volume (cc)	Density (g/cc)
1	9,7011	2,6639	1	8,0911	2,7303	1	8,8556	2,6895
2	9,6955	2,6654	2	8,1067	2,7251	2	8,8189	2,7006
3	9,6840	2,6686	3	8,1159	2,7220	3	8,7231	2,7303
4	9,6803	2,6696	4	8,1207	2,7204	4	8,7429	2,7241
5	9,6843	2,6685	5	8,1293	2,7175	5	8,7268	2,7291
6	9,6784	2,6701	6	8,1246	2,7191	6	8,7651	2,7172

Tabela A3.6. Relatórios de Cálculo do Pentapyc para a amostra P06-LVA

P06-LVA								
Sat Jun 16 14:35:15 2018			Sat Jun 16 14:50:14 2018			Sat Jun 16 15:04:32 2018		
User ID:			User ID:			User ID:		
<u>Sample Parameters</u>			<u>Sample Parameters</u>			<u>Sample Parameters</u>		
Sample ID: 1			Sample ID: 2			Sample ID: 4		
Weight: 24,0119 g			Weight: 26,0734 g			Weight: 25,5679 g		
Analysis Parameters			Analysis Parameters			Analysis Parameters		
Cell Size – Medium			Cell Size – Medium			Cell Size – Medium		
V Added – Large: 80,3382 cc			V Added – Large: 80,3382 cc			V Added – Large: 80,3382 cc		
V Cell: 60,2615 cc			V Cell: 60,1954 cc			V Cell: 60,1954 cc		
Analysis Temperature: 22,4 C			Analysis Temperature: 22,1 C			Analysis Temperature: 21,9 C		
Target Pressure: 17,0 psig			Target Pressure: 17,0 psig			Target Pressure: 17,0 psig		
Type of gas used: HELIUM			Type of gas used: HELIUM			Type of gas used: HELIUM		
Equilibration Time: Auto			Equilibration Time: Auto			Equilibration Time: Auto		
Flow Purge: 1,0 min			Flow Purge: 1,0 min			Flow Purge: 1,0 min		
Maximum Runs: 6			Maximum Runs: 6			Maximum Runs: 6		
Number of Runs Averaged: 3			Number of Runs Averaged: 3			Number of Runs Averaged: 3		
Dev. Requested: 0,0050%			Dev. Requested: 0,0050%			Dev. Requested: 0,0050%		
<u>Analysis Results</u>			<u>Analysis Results</u>			<u>Analysis Results</u>		
Dev. Achieved: 0,0387%			Dev. Achieved: 0,0229%			Dev. Achieved: 0,0508%		
Average Volume: 9,0033 cc			Average Volume: 9,7913 cc			Average Volume: 9,5716 cc		
Volume Std. Dev.: 0,0039 cc			Volume Std. Dev.: 0,0024 cc			Volume Std. Dev.: 0,0055 cc		
Average Density: 2,6670 g/cc			Average Density: 2,6629 g/cc			Average Density: 2,6712 g/cc		
Density Std. Dev.: 0,0012 g/cc			Density Std. Dev.: 0,0007 g/cc			Density Std. Dev.: 0,0015 g/cc		
Coefficient of Var.: 0,0438%			Coefficient of Var.: 0,0250%			Coefficient of Var.: 0,0574%		
<u>Run Data</u>			<u>Run Data</u>			<u>Run Data</u>		
Run	Volume (cc)	Density (g/cc)	Run	Volume (cc)	Density (g/cc)	Run	Volume (cc)	Density (g/cc)
1	8,9715	2,6765	1	9,7558	2,6726	1	9,538	2,6806
2	8,9844	2,6726	2	9,7763	2,6670	2	9,5509	2,6770
3	8,9905	2,6708	3	9,7851	2,6646	3	9,5568	2,6754
4	8,9990	2,6683	4	9,7889	2,6636	4	9,5643	2,6733
5	9,0023	2,6673	5	9,7904	2,6632	5	9,5729	2,6709
6	9,0085	2,6655	6	9,7947	2,6620	6	9,5776	2,6696

Caracterização geotécnica de solos na região do Taquari-DF

Apêndices

Tabela A3.7. Relatórios de Cálculo do Pentapyc para a amostra P07-Hi

P07-Hi								
Thu Jun 7 16:17:02 2018			Thu Jun 14 15:54:50 2018			Thu Jun 14 15:41:06 2018		
User ID:			User ID:			User ID:		
<u>Sample Parameters</u>			<u>Sample Parameters</u>			<u>Sample Parameters</u>		
Sample ID: 2			Sample ID: 5			Sample ID: 4		
Weight: 22,7766 g			Weight: 26,1096 g			Weight: 28,4135 g		
Analysis Parameters			Analysis Parameters			Analysis Parameters		
Cell Size – Medium			Cell Size – Medium			Cell Size – Medium		
V Added – Large: 80,3382 cc			V Added – Large: 80,3382 cc			V Added – Large: 80,3382 cc		
V Cell: 60,2615 cc			V Cell: 60,1954 cc			V Cell: 60,1954 cc		
Analysis Temperature: 22,7 C			Analysis Temperature: 22,6 C			Analysis Temperature: 22,8 C		
Target Pressure: 17,0 psig			Target Pressure: 17,0 psig			Target Pressure: 17,0 psig		
Type of gas used: HELIUM			Type of gas used: HELIUM			Type of gas used: HELIUM		
Equilibration Time: Auto			Equilibration Time: Auto			Equilibration Time: Auto		
Flow Purge: 1,0 min			Flow Purge: 1,0 min			Flow Purge: 1,0 min		
Maximum Runs: 6			Maximum Runs: 6			Maximum Runs: 6		
Number of Runs Averaged: 3			Number of Runs Averaged: 3			Number of Runs Averaged: 3		
Dev. Requested: 0,0050%			Dev. Requested: 0,0050%			Dev. Requested: 0,0050%		
<u>Analysis Results</u>			<u>Analysis Results</u>			<u>Analysis Results</u>		
Dev. Achieved: 0,0652%			Dev. Achieved: 0,0183%			Dev. Achieved: 0,0017%		
Average Volume: 9,8847 cc			Average Volume: 11,4082 cc			Average Volume: 12,4027 cc		
Volume Std. Dev.: 0,0069 cc			Volume Std. Dev.: 0,0022 cc			Volume Std. Dev.: 0,0002 cc		
Average Density: 2,3042 g/cc			Average Density: 2,2887 g/cc			Average Density: 2,2909 g/cc		
Density Std. Dev.: 0,0016 g/cc			Density Std. Dev.: 0,0004 g/cc			Density Std. Dev.: 0,0000 g/cc		
Coefficient of Var.: 0,0703%			Coefficient of Var.: 0,0196%			Coefficient of Var.: 0,0019%		
<u>Run Data</u>			<u>Run Data</u>			<u>Run Data</u>		
Run	Volume (cc)	Density (g/cc)	Run	Volume (cc)	Density (g/cc)	Run	Volume (cc)	Density (g/cc)
1	9,8841	2,3044	1	11,4111	2,2881	1	12,3717	2,2967
2	9,8775	2,3059	2	11,4058	2,2891	2	12,4002	2,2914
3	9,8784	2,3057	3	11,4040	2,2895	3	12,4007	2,2913
4	9,8750	2,3065	4	11,4051	2,2893	4	12,4026	2,2909
5	9,8881	2,3034	5	11,4094	2,2884	5	12,4024	2,2910
6	9,8910	2,3028	6	11,4101	2,2883	6	12,4030	2,2909

Tabela A3.8. Relatórios de Cálculo do Pentapyc para a amostra P08-Hi

P08-Hi								
Thu Jun 7 16:02:07 2018			Thu Jun 14 15:12:20 2018			Thu Jun 14 15:27:06 2018		
User ID:			User ID:			User ID:		
<u>Sample Parameters</u>			<u>Sample Parameters</u>			<u>Sample Parameters</u>		
Sample ID: 1			Sample ID: 1			Sample ID: 2		
Weight: 19,1851 g			Weight: 26,8967 g			Weight: 24,8564 g		
Analysis Parameters			Analysis Parameters			Analysis Parameters		
Cell Size – Medium			Cell Size – Medium			Cell Size – Medium		
V Added – Large: 80,3382 cc			V Added – Large: 80,3382 cc			V Added – Large: 80,3382 cc		
V Cell: 60,2615 cc			V Cell: 60,1954 cc			V Cell: 60,1954 cc		
Analysis Temperature: 23,1 C			Analysis Temperature: 23,3 C			Analysis Temperature: 23,0 C		
Target Pressure: 17,0 psig			Target Pressure: 17,0 psig			Target Pressure: 17,0 psig		
Type of gas used: HELIUM			Type of gas used: HELIUM			Type of gas used: HELIUM		
Equilibration Time: Auto			Equilibration Time: Auto			Equilibration Time: Auto		
Flow Purge: 1,0 min			Flow Purge: 1,0 min			Flow Purge: 1,0 min		
Maximum Runs: 6			Maximum Runs: 6			Maximum Runs: 6		
Number of Runs Averaged: 3			Number of Runs Averaged: 3			Number of Runs Averaged: 3		
Dev. Requested: 0,0050%			Dev. Requested: 0,0050%			Dev. Requested: 0,0050%		
<u>Analysis Results</u>			<u>Analysis Results</u>			<u>Analysis Results</u>		
Dev. Achieved: 0,0461%			Dev. Achieved: 0,0776%			Dev. Achieved: 0,0426%		
Average Volume: 8,4308 cc			Average Volume: 11,7566 cc			Average Volume: 10,8663 cc		
Volume Std. Dev.: 0,0041 cc			Volume Std. Dev.: 0,0101 cc			Volume Std. Dev.: 0,0051 cc		
Average Density: 2,2756 g/cc			Average Density: 2,2878 g/cc			Average Density: 2,2875 g/cc		
Density Std. Dev.: 0,0011 g/cc			Density Std. Dev.: 0,0020 g/cc			Density Std. Dev.: 0,0011 g/cc		
Coefficient of Var.: 0,0489%			Coefficient of Var.: 0,0859%			Coefficient of Var.: 0,0473%		
<u>Run Data</u>			<u>Run Data</u>			<u>Run Data</u>		
Run	Volume (cc)	Density (g/cc)	Run	Volume (cc)	Density (g/cc)	Run	Volume (cc)	Density (g/cc)
1	8,4055	2,2824	1	11,7321	2,2926	1	10,8521	2,2905
2	8,4139	2,2802	2	11,7346	2,2921	2	10,8502	2,2909
3	8,4183	2,2790	3	11,7413	2,2908	3	10,8468	2,2916
4	8,4279	2,2764	4	11,7429	2,2905	4	10,8594	2,2889
5	8,4278	2,2764	5	11,7599	2,2872	5	10,8717	2,2863
6	8,4366	2,2740	6	11,7670	2,2858	6	10,8680	2,2871

Caracterização geotécnica de solos na região do Taquari-DF

Apêndices

Tabela A3.9. Relatórios de Cálculo do Pentapyc para a amostra P09-CX

P09-CX								
Fri Jun 8 16:01:27 2018			Fri Jun 8 16:16:40 2018			Fri Jun 8 16:31:23 2018		
User ID:			User ID:			User ID:		
Sample Parameters			Sample Parameters			Sample Parameters		
Sample ID: 1			Sample ID: 2			Sample ID: 4		
Weight: 25,9283 g			Weight: 24,4470 g			Weight: 24,1153 g		
Analysis Parameters			Analysis Parameters			Analysis Parameters		
Cell Size – Medium			Cell Size – Medium			Cell Size – Medium		
V Added – Large: 80,3382 cc			V Added – Large: 80,3382 cc			V Added – Large: 80,3382 cc		
V Cell: 60,2615 cc			V Cell: 60,1954 cc			V Cell: 60,1954 cc		
Analysis Temperature: 23,4 C			Analysis Temperature: 23,0 C			Analysis Temperature: 22,8 C		
Target Pressure: 17,0 psig			Target Pressure: 17,0 psig			Target Pressure: 17,0 psig		
Type of gas used: HELIUM			Type of gas used: HELIUM			Type of gas used: HELIUM		
Equilibration Time: Auto			Equilibration Time: Auto			Equilibration Time: Auto		
Flow Purge: 1,0 min			Flow Purge: 1,0 min			Flow Purge: 1,0 min		
Maximum Runs: 6			Maximum Runs: 6			Maximum Runs: 6		
Number of Runs Averaged: 3			Number of Runs Averaged: 3			Number of Runs Averaged: 3		
Dev. Requested: 0,0050%			Dev. Requested: 0,0050%			Dev. Requested: 0,0050%		
Analysis Results			Analysis Results			Analysis Results		
Dev. Achieved: 0,0307%			Dev. Achieved: 0,0532%			Dev. Achieved: 0,0345%		
Average Volume: 9,7898 cc			Average Volume: 9,1008 cc			Average Volume: 8,9692 cc		
Volume Std. Dev.: 0,0033 cc			Volume Std. Dev.: 0,0057 cc			Volume Std. Dev.: 0,0035 cc		
Average Density: 2,6514 g/cc			Average Density: 2,6863 g/cc			Average Density: 2,6887 g/cc		
Density Std. Dev.: 0,0008 g/cc			Density Std. Dev.: 0,0017 g/cc			Density Std. Dev.: 0,0010 g/cc		
Coefficient of Var.: 0,0333%			Coefficient of Var.: 0,0631%			Coefficient of Var.: 0,0389%		
<u>Run Data</u>			<u>Run Data</u>			<u>Run Data</u>		
Run	Volume (cc)	Density (g/cc)	Run	Volume (cc)	Density (g/cc)	Run	Volume (cc)	Density (g/cc)
1	9,7759	2,6523	1	9,0896	2,6895	1	8,9734	2,6874
2	9,7726	2,6532	2	9,0828	2,6916	2	8,9661	2,6896
3	9,7762	2,6522	3	9,0973	2,6873	3	8,9776	2,6862
4	9,7853	2,6497	4	9,094	2,6883	4	8,9646	2,6901
5	9,793	2,6476	5	9,108	2,6841	5	8,9701	2,6884
6	9,7912	2,6481	6	9,1003	2,6864	6	8,973	2,6875

Tabela A3.10. Relatórios de Cálculo do Pentapyc para a amostra P10-CX

P10-CX								
Sun Jun 17 09:45:50 2018			Sun Jun 17 10:00:51 2018			Sun Jun 17 10:15:36 2018		
User ID:			User ID:			User ID:		
<u>Sample Parameters</u>			<u>Sample Parameters</u>			<u>Sample Parameters</u>		
Sample ID: 1			Sample ID: 2			Sample ID: 4		
Weight: 22,2761 g			Weight: 23,7481 g			Weight: 23,3893 g		
Analysis Parameters			Analysis Parameters			Analysis Parameters		
Cell Size – Medium			Cell Size – Medium			Cell Size – Medium		
V Added – Large: 80,3382 cc			V Added – Large: 80,3382 cc			V Added – Large: 80,3382 cc		
V Cell: 60,2615 cc			V Cell: 60,1954 cc			V Cell: 60,1954 cc		
Analysis Temperature: 22,6 C			Analysis Temperature: 22,2 C			Analysis Temperature: 22,1 C		
Target Pressure: 17,0 psig			Target Pressure: 17,0 psig			Target Pressure: 17,0 psig		
Type of gas used: HELIUM			Type of gas used: HELIUM			Type of gas used: HELIUM		
Equilibration Time: Auto			Equilibration Time: Auto			Equilibration Time: Auto		
Flow Purge: 1,0 min			Flow Purge: 1,0 min			Flow Purge: 1,0 min		
Maximum Runs: 6			Maximum Runs: 6			Maximum Runs: 6		
Number of Runs Averaged: 3			Number of Runs Averaged: 3			Number of Runs Averaged: 3		
Dev. Requested: 0,0050%			Dev. Requested: 0,0050%			Dev. Requested: 0,0050%		
<u>Analysis Results</u>			<u>Analysis Results</u>			<u>Analysis Results</u>		
Dev. Achieved: 0,0137%			Dev. Achieved: 0,0198 %			Dev. Achieved: 0,0461%		
Average Volume: 8,5455 cc			Average Volume: 9,0226 cc			Average Volume: 8,8874 cc		
Volume Std. Dev.: 0,0013 cc			Volume Std. Dev.: 0,0019 cc			Volume Std. Dev.: 0,0044 cc		
Average Density: 2,6068 g/cc			Average Density: 2,6321 g/cc			Average Density: 2,6317 g/cc		
Density Std. Dev.: 0,0004 g/cc			Density Std. Dev.: 0,0006 g/cc			Density Std. Dev.: 0,0013 g/cc		
Coefficient of Var.: 0,0147%			Coefficient of Var.: 0,0210%			Coefficient of Var.: 0,0490%		
<u>Run Data</u>			<u>Run Data</u>			<u>Run Data</u>		
Run	Volume (cc)	Density (g/cc)	Run	Volume (cc)	Density (g/cc)	Run	Volume (cc)	Density (g/cc)
1	8,5425	2,6077	1	9,0064	2,6368	1	8,9105	2,6249
2	8,5346	2,6101	2	9,0186	2,6332	2	8,8982	2,6285
3	8,5437	2,6073	3	9,0208	2,6326	3	8,8977	2,6287
4	8,5472	2,6062	4	9,0253	2,6313	4	8,8935	2,6299
5	8,5444	2,6071	5	9,0212	2,6325	5	8,8847	2,6325
6	8,5448	2,6070	6	9,0214	2,6324	6	8,8839	2,6328

Caracterização geotécnica de solos na região do Taquari-DF

Apêndices

Tabela A3.11. Relatórios de Cálculo do Pentapyc para a amostra P11-CX

P11-CX								
Sun Jun 17 12:22:54 2018			Sun Jun 17 11:51:27 2018			Sun Jun 17 12:03:39 2018		
User ID:			User ID:			User ID:		
<u>Sample Parameters</u>			<u>Sample Parameters</u>			<u>Sample Parameters</u>		
Sample ID: 1			Sample ID: 2			Sample ID: 4		
Weight: 24,5861 g			Weight: 22,1804 g			Weight: 23,3736 g		
Analysis Parameters			Analysis Parameters			Analysis Parameters		
Cell Size – Medium			Cell Size – Medium			Cell Size – Medium		
V Added – Large: 80,3382 cc			V Added – Large: 80,3382 cc			V Added – Large: 80,3382 cc		
V Cell: 60,2615 cc			V Cell: 60,1954 cc			V Cell: 60,1954 cc		
Analysis Temperature: 21,3 C			Analysis Temperature: 21,6 C			Analysis Temperature: 21,5 C		
Target Pressure: 17,0 psig			Target Pressure: 17,0 psig			Target Pressure: 17,0 psig		
Type of gas used: HELIUM			Type of gas used: HELIUM			Type of gas used: HELIUM		
Equilibration Time: Auto			Equilibration Time: Auto			Equilibration Time: Auto		
Flow Purge: 1,0 min			Flow Purge: 1,0 min			Flow Purge: 1,0 min		
Maximum Runs: 6			Maximum Runs: 6			Maximum Runs: 6		
Number of Runs Averaged: 3			Number of Runs Averaged: 3			Number of Runs Averaged: 3		
Dev. Requested: 0,0050%			Dev. Requested: 0,0050%			Dev. Requested: 0,0050%		
<u>Analysis Results</u>			<u>Analysis Results</u>			<u>Analysis Results</u>		
Dev. Achieved: 0,0037%			Dev. Achieved: 0,0333%			Dev. Achieved: 0,0041%		
Average Volume: 9,5207 cc			Average Volume: 8,4909 cc			Average Volume: 8,9644 cc		
Volume Std. Dev.: 0,0004 cc			Volume Std. Dev.: 0,0031 cc			Volume Std. Dev.: 0,0004 cc		
Average Density: 2,5824 g/cc			Average Density: 2,6123 g/cc			Average Density: 2,6074 g/cc		
Density Std. Dev.: 0,0001 g/cc			Density Std. Dev.: 0,0010 g/cc			Density Std. Dev.: 0,0001 g/cc		
Coefficient of Var.: 0,0045%			Coefficient of Var.: 0,0368%			Coefficient of Var.: 0,0044%		
Run Data			Run Data			Run Data		
Run	Volume (cc)	Density (g/cc)	Run	Volume (cc)	Density (g/cc)	Run	Volume (cc)	Density (g/cc)
1	9,5193	2,5828	1	8,4863	2,6137	1	8,9786	2,6032
2	9,5211	2,5823	2	8,4731	2,6177	2	8,9735	2,6047
3	9,5200	2,5826	3	8,4771	2,6165	3	8,9638	2,6076
4	9,5206	2,5824	4	8,4899	2,6126	4	8,9647	2,6073
5	9,5212	2,5822	5	8,4877	2,6133	5	8,9646	2,6073
6	9,5201	2,5825	6	8,4951	2,6110	6	-	-